

ABNORMALITY DIAGNOSING METHOD OF MECHANICAL FACILITY OR APPLIANCE

Publication number: JP2003202276

Publication date: 2003-07-18

Inventor: MIYASAKA TAKANORI; MUTO YASUYUKI

Applicant: NSK LTD

Classification:

- international: G01H17/00; G01M13/04; G01H17/00; G01M13/00;
(IPC1-7): G01M13/04; G01H17/00

- european:

Application number: JP20010371448 20011205

Priority number(s): JP20010371448 20011205; JP20000371747 20001206;
JP20010324980 20011023

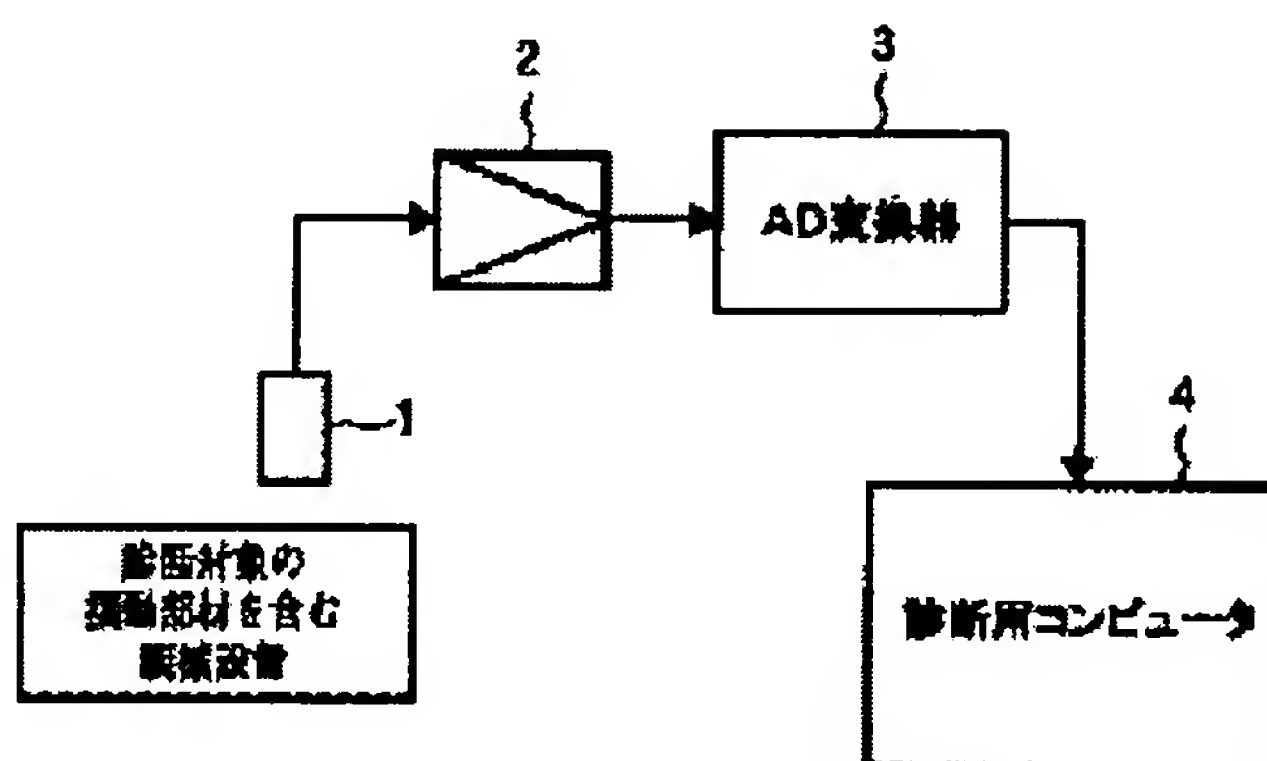
Report a data error here

Abstract of JP2003202276

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an abnormality diagnosing method capable of reducing the calculation load for diagnosing the abnormality, and detecting the presence or absence of the abnormality with high accuracy in a short time.

SOLUTION: A signal representing the sound or vibration detected by a sensor 1 is amplified by an amplifier 2, converted into a digital signal by an AD converter, and inputted to a computer 4 for diagnosis. The computer 4 for diagnosis includes a frequency analyzing program to perform the diagnosis. In the diagnosis, the frequency spectral of the detected signal or its envelope signal is determined, only a frequency component causing the abnormality of a rotating body or a member related to the rotating body, is extracted, and the abnormality is determined on the basis of the magnitude of the extracted frequency component.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



BEST AVAILABLE COPY

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード（参考）
G 0 1 M 13/04		G 0 1 M 13/04	2 G 0 2 4
G 0 1 H 17/00		G 0 1 H 17/00	A 2 G 0 6 4

審査請求 未請求 請求項の数9 O L （全 15 頁）

(21)出願番号	特願2001－371448(P2001－371448)	(71)出願人	000004204 日本精工株式会社 東京都品川区大崎1丁目6番3号
(22)出願日	平成13年12月 5 日 (2001. 12. 5)	(72)発明者	宮坂 孝範 神奈川県藤沢市鶴沼神明1丁目5番50号 日本精工株式会社内
(31)優先権主張番号	特願2000－371747(P2000－371747)	(72)発明者	武藤 泰之 神奈川県藤沢市鶴沼神明1丁目5番50号 日本精工株式会社内
(32)優先日	平成12年12月 6 日 (2000. 12. 6)	(74)代理人	100105647 弁理士 小栗 昌平 （外4名）
(33)優先権主張国	日本（J P）		
(31)優先権主張番号	特願2001－324980(P2001－324980)		
(32)優先日	平成13年10月23日 (2001. 10. 23)		
(33)優先権主張国	日本（J P）		

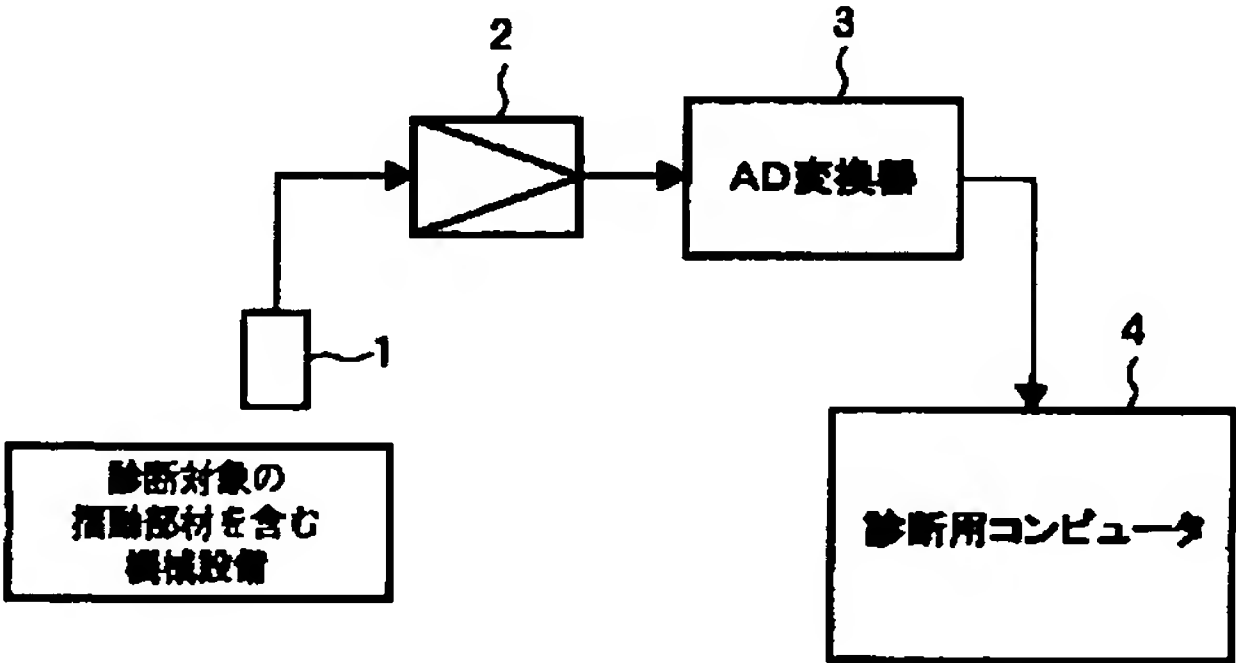
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 機械設備又は機器の異常診断方法

(57)【要約】

【課題】 異常診断のための計算負荷を軽減するとともに、異常の有無を精度よく短時間で検出できる異常診断方法を提供する。

【解決手段】 センサ1で検出された音又は振動を表す信号は、増幅器2で増幅され、AD変換器でデジタル信号に変換され、診断用コンピュータ4に入力される。診断用コンピュータ4は、周波数解析プログラムを内蔵し、診断を行う。診断は、検出した信号又はそのエンベロープ信号の周波数スペクトルを求め、周波数スペクトルから、回転体又は前記回転体関連部材の異常に起因する周波数成分のみを抽出し、抽出した周波数成分の大きさにより、異常を判断する。



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 機械設備から発生する音又は振動の分析によって機械設備に使用されている摺動部材における異常の有無を診断する異常診断方法であって、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材からの音又は振動を表す信号を検出し、前記検出した信号又はそのエンベロープ信号の周波数スペクトルを求め、前記求めた周波数スペクトルから、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材の異常に起因する周波数成分のみを抽出し、前記抽出した周波数成分の大きさにより、前記機械設備に使用されている摺動部材における異常の有無を診断することを特徴とする機械設備の異常診断方法。

【請求項2】 請求項1記載の異常診断方法であって、前記異常の診断は、前記検出した信号又はそのエンベロープ信号の実効値に応じて定められる基準値との比較によって行われることを特徴とする機械設備の異常診断方法。

【請求項3】 機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材から発生する音又は振動を検出し、検出した信号を解析して、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材に起因する異常の有無を診断する異常診断方法であって、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材から発生した音又は振動のアナログ信号をデジタル変換して実測デジタルデータを生成し、生成した実測デジタルデータに対して周波数分析及びエンベロープ分析等の適宜解析処理を行って実測周波数スペクトルデータを生成し、生成した実測周波数スペクトルデータに対して、任意のデータポイント毎にその直前のデータポイントとのレベル差及び傾きを計算してピーク値を求め、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材の異常に起因した周波数成分に対する前記実測周波数スペクトルデータ上のピーク値との比較照合により、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材に対する異常の有無の診断を行うことを特徴とする異常診断方法。

【請求項4】 機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材から発生する音又は振動を検出し、検出した信号を解析して、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材に起因する異常の有無を診断する異常診断方法であって、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材から発生した音又は振動のアナログ信号をデジタル変換して実測デジタルデータを生成し、生成した実測デジタルデータに対して所望の時間領域を選択し、選択した時間領域のデータに対して周波数分析又はエンベロープ分析等の適宜解析処理を行って実測周波数スペクトルデータを生成し、生成した実測周波数スペクトルデー

2

タに対して任意のデータポイント毎にその直前のデータポイントとのレベル差及び傾きを計算してピーク値を求め、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材の異常に起因した周波数成分に対する前記実測周波数スペクトルデータ上のピーク値との比較照合により、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材に対する異常の有無の診断を行うことを特徴とする機械設備の異常診断方法。

【請求項5】 機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材から発生する音又は振動を検出し、検出した信号を解析して、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材に起因する異常の有無を診断する異常診断方法であって、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材から発生した音又は振動のアナログ信号をデジタル変換して実測デジタルデータを生成し、生成した実測デジタルデータに対して所望の時間領域を選択し、選択した時間領域のデータに対して周波数分析又はエンベロープ分析等の適宜解析処理を行って実測周波数スペクトルデータを生成し、生成した実測スペクトルデータに対して所望の周波数領域を選択し、選択した周波数領域をフィルタ帯域と見なしたフィルタ処理を行って新たな実測周波数スペクトルデータを生成し、生成した実測周波数スペクトルデータに対して任意のデータポイント毎にその直前のデータポイントとのレベル差及び傾きを計算してピーク値を求め、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材の異常に起因した周波数成分に対する前記実測周波数スペクトルデータ上のピーク値との比較照合により、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材に対する異常の有無の診断を行うことを特徴とする機械設備の異常診断方法。

【請求項6】 請求項1乃至請求項5のいずれか1項記載の異常診断方法であって、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材の異常に起因する周波数成分は、前記機械設備又は機器の異常箇所に対応するものであることを特徴とする機械設備の異常診断方法。

【請求項7】 請求項1乃至請求項5のいずれか1項記載の異常診断方法であって、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材の異常に起因する周波数成分は、前記機械設備に用いている軸受の異常に起因する周波数成分であることを特徴とする機械設備の異常診断方法。

【請求項8】 機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材から発生する音又は振動を検出し、検出した音又は振動のアナログ信号をデジタル変換して実測デジタルデータを生成し、生成した実測デジタルデータに対して、任意のデータポイント毎にその直前のデータポイントとのレベル差及び傾きを計算してピーク値を求めることを特徴とするピーク値抽出方法。

(3)

3

【請求項9】 摺動部材を含む機械設備が発生する音又は振動の分析によって前記機械設備の摺動部材等における異常の有無を診断する機械設備の異常診断方法であって、

前記機械設備の摺動部材等の発生する音又は振動を表す信号を検出し、前記検出した信号又はそのエンベロープ信号の周波数スペクトルである実測周波数スペクトルデータを生成し、前記実測周波数スペクトルデータ上の基準レベル以上のピークの表出箇所の周波数が前記摺動部材等の特定部位の異常に起因したピークが表出する基本周波数に一致するか否かを調べる基本周波数成分照合処理を実施し、この基本周波数成分照合処理において、前記実測周波数スペクトルデータ上の基準レベル以上のピークの表出箇所の周波数が前記基本周波数に一致しないときには異常無しと診断し、

前記実測周波数スペクトルデータ上の基準レベル以上のピークの表出箇所の周波数が前記基本周波数に一致するときには、前記実測周波数スペクトルデータ上の前記基本周波数以下の低周波数域で前記基準レベル以上のピークを持つ周波数成分の有無を調べる低周波成分照合処理を実施し、

前記低周波成分照合処理において、前記実測周波数スペクトルデータが前記基本周波数以下の低周波数域で前記基準レベル以上のピークを持たないときには前記特定部位に異常有りと診断し、

前記低周波成分照合処理において、前記実測周波数スペクトルデータが前記基本周波数以下の低周波数域で前記基準レベル以上のピークを持つときには、更に、基本周波数以下の低周波数域で前記基準レベル以上のピークを持つ周波数成分の高調波が基本周波数に一致するか否かを判定する高調波成分照合処理を実施し、

前記高調波成分照合処理において、基本周波数以下の低周波数域で前記基準レベル以上のピークを持つ周波数成分の高調波が基本周波数に一致しないときには前記特定部位に異常有りと診断し、一致するときには前記特定部位に異常無しと診断することを特徴とする機械設備の異常診断方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、摺動部材を含む機械設備又は機器の異常診断を行う異常診断方法に関し、特に、機械設備の摺動部材又は機械設備の摺動部材関連部材から発生する音又は振動を利用して機械設備の異常診断を行う機械設備の異常診断方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、機械設備の摺動部材又は機械設備の摺動部材関連部材から発生する音又は振動を表す信号を用いた機械設備の異常診断は、音又は振動を表す信号又はそのエンベロープ信号の周波数スペクトル等の解析

4

によって行われている。周波数スペクトルの解析による場合、異常の有無及び異常箇所の判断は、周波数スペクトルのピークの大きさ及びその周波数により行っているが、周波数スペクトルレベルの大きい周波数成分から順に抽出して、異常に起因する周波数であるかどうかの比較照合を行っていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、周波数分析後のスペクトルレベルの大きい方から前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材に起因する周波数成分かどうかを比較照合していくため、計算能力の10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1041 1042 1043 1044 1045 1046 1047 1048 1049 1050 1051 1052 1053 1054 1055 1056 1057 1058 1059 1060 1061 1062 1063 1064 1065 1066 1067 1068 1069 1070 1071 1072 1073 1074 1075 1076 1077 1078 1079 1080 1081 1082 1083 1084 1085 1086 1087 1088 1089 1090 1091 1092 1093 1094 1095 1096 1097 1098 1099 1100 1101 1102 1103 1104 1105 1106 1107 1108 1109 1110 1111 1112 1113 1114 1115 1116 1117 1118 1119 1120 1121 1122 1123 1124 1125 1126 1127 1128 1129 1130 1131 1132 1133 1134 1135 1136 1137 1138 1139 1140 1141 1142 1143 1144 1145 1146 1147 1148 1149 1150 1151 1152 1153 1154 1155 1156 1157 1158 1159 1160 1161 1162 1163 1164 1165 1166 1167 1168 1169 1170 1171 1172 1173 1174 1175 1176 1177 1178 1179 1180 1181 1182 1183 1184 1185 1186 1187 1188 1189 1190 1191 1192 1193 1194 1195 1196 1197 1198 1199 1200 1201 1202 1203 1204 1205 1206 1207 1208 1209 1210 1211 1212 1213 1214 1215 1216 1217 1218 1219 1220 1221 1222 1223 1224 1225 1226 1227 1228 1229 1230 1231 1232 1233 1234 1235 1236 1237 1238 1239 1240 1241 1242 1243 1244 1245 1246 1247 1248 1249 1250 1251 1252 1253 1254 1255 1256 1257 1258 1259 1260 1261 1262 1263 1264 1265 1266 1267 1268 1269 1270 1271 1272 1273 1274 1275 1276 1277 1278 1279 1280 1281 1282 1283 1284 1285 1286 1287 1288 1289 1290 1291 1292 1293 1294 1295 1296 1297 1298 1299 1300 1301 1302 1303 1304 1305 1306 1307 1308 1309 1310 1311 1312 1313 1314 1315 1316 1317 1318 1319 1320 1321 1322 1323 1324 1325 1326 1327 1328 1329 1330 1331 1332 1333 1334 1335 1336 1337 1338 1339 1340 1341 1342 1343 1344 1345 1346 1347 1348 1349 1350 1351 1352 1353 1354 1355 1356 1357 1358 1359 1360 1361 1362 1363 1364 1365 1366 1367 1368 1369 1370 1371 1372 1373 1374 1375 1376 1377 1378 1379 1380 1381 1382 1383 1384 1385 1386 1387 1388 1389 1390 1391 1392 1393 1394 1395 1396 1397 1398 1399 1400 1401 1402 1403 1404 1405 1406 1407 1408 1409 1410 1411 1412 1413 1414 1415 1416 1417 1418 1419 1420 1421 1422 1423 1424 1425 1426 1427 1428 1429 1430 1431 1432 1433 1434 1435 1436 1437 1438 1439 1440 1441 1442 1443 1444 1445 1446 1447 1448 1449 1450 1451 1452 1453 1454 1455 1456 1457 1458 1459 1460 1461 1462 1463 1464 1465 1466 1467 1468 1469 1470 1471 1472 1473 1474 1475 1476 1477 1478 1479 1480 1481 1482 1483 1484 1485 1486 1487 1488 1489 1490 1491 1492 1493 1494 1495 1496 1497 1498 1499 1500 1501 1502 1503 1504 1505 1506 1507 1508 1509 1510 1511 1512 1513 1514 1515 1516 1517 1518 1519 1520 1521 1522 1523 1524 1525 1526 1527 1528 1529 1530 1531 1532 1533 1534 1535 1536 1537 1538 1539 1540 1541 1542 1543 1544 1545 1546 1547 1548 1549 1550 1551 1552 1553 1554 1555 1556 1557 1558 1559 1560 1561 1562 1563 1564 1565 1566 1567 1568 1569 1570 1571 1572 1573 1574 1575 1576 1577 1578 1579 1580 1581 1582 1583 1584 1585 1586 1587 1588 1589 1590 1591 1592 1593 1594 1595 1596 1597 1598 1599 1600 1601 1602 1603 1604 1605 1606 1607 1608 1609 1610 1611 1612 1613 1614 1615 1616 1617 1618 1619 1620 1621 1622 1623 1624 1625 1626 1627 1628 1629 1630 1631 1632 1633 1634 1635 1636 1637 1638 1639 1640 1641 1642 1643 1644 1645 1646 1647 1648 1649 1650 1651 1652 1653 1654 1655 1656 1657 1658 1659 1660 1661 1662 1663 1664 1665 1666 1667 1668 1669 1670 1671 1672 1673 1674 1675 1676 1677 1678 1679 1680 1681 1682 1683 1684 1685 1686 1687 1688 1689 1690 1691 1692 1693 1694 1695 1696 1697 1698 1699 1700 1701 1702 1703 1704 1705 1706 1707 1708 1709 1710 1711 1712 1713 1714 1715 1716 1717 1718 1719 1720 1721 1722 1723 1724 1725 1726 1727 1728 1729 1730 1731 1732 1733 1734 1735 1736 1737 1738 1739 1740 1741 1742 1743 1744 1745 1746 1747 1748 1749 1750 1751 1752 1753 1754 1755 1756 1757 1758 1759 1760 1761 1762 1763 1764 1765 1766 1767 1768 1769 1770 1771 1772 1773 1774 1775 1776 1777 1778 1779 1780 1781 1782 1783 1784 1785 1786 1787 1788 1789 1790 1791 1792 1793 1794 1795 1796 1797 1798 1799 1800 1801 1802 1803 1804 1805 1806 1807 1808 1809 1810 1811 1812 1813 1814 1815 1816 1817 1818 1819 1820 1821 1822 1823 1824 1825 1826 1827 1828 1829 1830 1831 1832 1833 1834 1835 1836 1837 1838 1839 1840 1841 1842 1843 1844 1845 1846 1847 1848 1849 1850 1851 1852 1853 1854 1855 1856 1857 1858 1859 1860 1861 1862 1863 1864 1865 1866 1867 1868 1869 1870 1871 1872 1873 1874 1875 1876 1877 1878 1879 1880 1881 1882 1883 1884 1885 1886 1887 1888 1889 1890 1891 1892 1893 1894 1895 1896 1897 1898 1899 1900 1901 1902 1903 1904 1905 1906 1907 1908 1909 1910 1911 1912 1913 1914 1915 1916 1917 1918 1919 1920 1921 1922 1923 1924 1925 1926 1927 1928 1929 1930 1931 1932 1933 1934 1935 1936 1937 1938 1939 1940 1941 1942 1943 1944 1945 1946 1947 1948 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955 1956 1957 1958 1959 1960 1961 1962 1963 1964 1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 2051 2052 2053 2054 2055 2056 2057 2058 2059 2060 2061 2062 2063 2064 2065 2066 2067 2068 2069 2070 2071 2072 2073 2074 2075 2076 2077 2078 2079 2080 2081 2082 2083 2084 2085 2086 2087 2088 2089 2090 2091 2092 2093 2094 2095 2096 2097 2098 2099 2100 2101 2102 2103 2104 2105 2106 2107 2108 2109 2110 2111 2112 2113 2114 2115 2116 2117 2118 2119 2120 2121 2122 2123 2124 2125 2126 2127 2128 2129 2130 2131 2132 2133 2134 2135 2136 2137 2138 2139 2140 2141 2142 2143 2144 2145 2146 2147 2148 2149 2150 2151 2152 2153 2154 2155 2156 2157 2158 2159 2160 2161 2162 2163 2164 2165 2166 2167 2168 2169 2170 2171 2172 2173 2174 2175 2176 2177 2178 2179 2180 2181 2182 2183 2184 2185 2186 2187 2188 2189 2190 2191 2192 2193 2194 2195 2196 2197 2198 2199 2200 2201 2202 2203 2204 2205 2206 2207 2208 2209 2210 2211 2212 2213 2214 2215 2216 2217 2218 2219 2220 2221 2222 2223 2224 2225 2226 2227 2228 2229 2230 2231 2232 2233 2234 2235 2236 2237 2238 2239 2240 2241 2242 2243 2244 2245 2246 2247 2248 2249 2250 2251 2252 2253 2254 2255 2256 2257 2258 2259 2260 2261 2262 2263 2264 2265 2266 2267 2268 2269 2270 2271 2272 2273 2274 2275 2276 2277 2278 2279 2280 2281 2282 2283 2284 2285 2286 2287 2288 2289 2290 2291 2292 2293 2294 2295 2296 2297 2298 2299 2300 2301 2302 2303 2304 2305 2306 2307 2308 2309 2310 2311 2312 2313 2314 2315 2316 2317 2318 2319 2320 2321 2322 2323 2324 2325 2326 2327 2328 2329 2330 2331 2332 2333 2334 2335 2336 2337 2338 2339 2340 2341 2342 2343 2344 2345 2346 2347 2348 2349 2350 2351 2352 2353 2354 2355 2356 2357 2358 2359 2360 2361 2362 2363 2364 2365 2366 2367 2368 2369 2370 2371 2372 2373 2374 2375 2376 2377 2378 2379 2380 2381 2382 2383 2384 2385 2386 2387 2388 2389 2390 2391 2392 2393 2394 2395 2396 2397 2398 2399 2400 2401 2402 2403 2404 2405 2406 2407 2408 2409 2410 24

(4)

5

これらの摺動部材の摺動によって振動が発生する機械設備又は機器を意味している。また、摺動部材としては、例えば、転がり軸受の他に、ボールねじ、リニアガイド、モータ等が該当する。

【0007】本発明の請求項2に係る異常診断方法は、請求項1記載の異常診断方法において、前記異常の判断は、前記検出した信号又はそのエンベロープ信号の実効値に応じて定められる基準値との比較によって行われるものである。

【0008】このように構成された機械設備の異常診断方法においては、軸受から発生する振動のエンベロープ信号の周波数スペクトルから特定の周波数成分のみを抽出し、エンベロープ信号の実効値に応じて定められる基準値と比較するので、周波数分析後のスペクトルレベルの大きい方から機械設備の摺動部材に起因する周波数成分かどうかを順に比較照合していく従来方法と比べて、演算処理量が軽減して、診断処理の迅速化を促進することができる。また、機械設備の摺動部材に起因する周波数成分のスペクトルレベルのピークが小さい場合でも抽出できるので、精度の高い診断が可能になる。

【0009】また、本発明の請求項3に係る異常診断方法は、機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材から発生する音又は振動を検出し、検出した信号を解析して、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材に起因する異常の有無を診断する異常診断方法であって、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材から発生した音又は振動のアナログ信号をデジタル変換して実測デジタルデータを生成し、生成した実測デジタルデータに対して周波数分析及びエンベロープ分析等の適宜解析処理を行って実測周波数スペクトルデータを生成し、生成した実測周波数スペクトルデータに対して、任意のデータポイント毎にその直前のデータポイントとのレベル差及び傾きを計算してピーク値を求め、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材の異常に起因した周波数成分に対する前記実測周波数スペクトルデータ上のピーク値との比較照合により、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材に対する異常の有無を診断する。

【0010】このように構成された機械設備の異常診断方法においては、軸受使用箇所の音又は振動を検出して得られた信号を周波数分析又はエンベロープ分析し、これにより得られた実測周波数スペクトルデータに対して周波数ピークを抽出する場合、実測周波数スペクトルデータに対して、任意のデータポイント毎にその直前のデータポイントとのレベル差及び傾きを計算してピーク値を求めるので、スペクトルレベルの大きい周波数成分から抽出する場合と比べて、谷を抽出してしまうのを回避でき、より精度の高い診断が可能になる。

【0011】また、本発明の請求項4に係る異常診断方

6

法は、機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材から発生する音又は振動を検出し、検出した信号を解析して、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材に起因する異常の有無を診断する異常診断方法であって、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材から発生した音又は振動のアナログ信号をデジタル変換して実測デジタルデータを生成し、生成した実測デジタルデータに対して所望の時間領域を選択し、選択した時間領域のデータに対して周波数分析又はエンベロープ分析等の適宜解析処理を行って実測周波数スペクトルデータを生成し、生成した実測周波数スペクトルデータに対して任意のデータポイント毎にその直前のデータポイントとのレベル差及び傾きを計算してピーク値を求め、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材の異常に起因した周波数成分に対する前記実測周波数スペクトルデータ上のピーク値との比較照合により、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材に対する異常の有無の診断を行うことを特徴とする。

【0012】また、本発明の請求項5に係る異常診断方法は、機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材から発生する音又は振動を検出し、検出した信号を解析して、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材に起因する異常の有無を診断する異常診断方法であって、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材から発生した音又は振動のアナログ信号をデジタル変換して実測デジタルデータを生成し、生成した実測デジタルデータに対して所望の時間領域を選択し、選択した時間領域のデータに対して周波数分析又はエンベロープ分析等の適宜解析処理を行って実測周波数スペクトルデータを生成し、生成した実測スペクトルデータに対して所望の周波数領域を選択し、選択した周波数領域をフィルタ帯域と見なしたフィルタ処理を行って新たな実測周波数スペクトルデータを生成し、生成した実測周波数スペクトルデータに対して任意のデータポイント毎にその直前のデータポイントとのレベル差及び傾きを計算してピーク値を求め、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材の異常に起因した周波数成分に対する前記実測周波数スペクトルデータ上のピーク値との比較照合により、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材に対する異常の有無の診断を行うことを特徴とする。

【0013】このように請求項4又は5に記載された機械設備の異常診断方法においては、AD変換後の時間波形及び周波数分析後のスペクトル波形における任意の波形範囲に対する解析範囲やフィルタ範囲を、マウスなどのポインティングデバイス5で選択できるので、簡単な操作によって高S/N比の信号を抽出することができ、より精度の高い診断が可能となる。

【0014】本発明の請求項6に係る異常診断方法は、

(5)

7

請求項1乃至請求項5のいずれか1項記載の異常診断方法において、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材の異常に起因する周波数成分は、前記機械設備又は機器の異常箇所に対応するものであることを特徴とする。

【0015】また、本発明の請求項7に係る異常診断方法は、請求項1乃至請求項5のいずれか1項記載の異常診断方法において、前記機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材の異常に起因する周波数成分は、前記機械設備に用いている軸受の異常に起因する周波数成分であることを特徴とする。

【0016】なお、本発明の請求項8に係る異常診断方法において、診断処理時の計算負荷の低減や診断の信頼性向上に有用な判断基準となるピーク値は、前述したように周波数分析又はエンベロープ分析を済ませた波形に対して求めるのではなく、まず、機械設備の摺動部材又は前記機械設備の摺動部材関連部材から発生する音又は振動を検出し、次いで、検出した音又は振動のアナログ信号をデジタル変換して実測デジタルデータを生成したら、生成した実測デジタルデータに対して、任意のデータポイント毎にその直前のデータポイントとのレベル差及び傾きを計算してピーク値を求めるようにしても良い。

【0017】また、本発明の請求項9に係る異常診断方法は、摺動部材を含む機械設備が発生する音又は振動の分析によって前記機械設備の摺動部材等における異常の有無を診断する機械設備の異常診断方法であって、前記機械設備の摺動部材等の発生する音又は振動を表す信号を検出し、前記検出した信号又はそのエンベロープ信号の周波数スペクトルである実測周波数スペクトルデータを生成し、前記実測周波数スペクトルデータ上の基準レベル以上のピークの出出箇所の周波数が前記摺動部材等の特定部位の異常に起因したピークが出出する基本周波数に一致するか否かを調べる基本周波数成分照合処理を実施し、この基本周波数成分照合処理において、前記実測周波数スペクトルデータ上の基準レベル以上のピークの出出箇所の周波数が前記基本周波数に一致するときには、前記実測周波数スペクトルデータ上の前記基本周波数以下の低周波数域で前記基準レベル以上のピークを持つ周波数成分の有無を調べる低周波成分照合処理を実施し、前記低周波成分照合処理において、前記実測周波数スペクトルデータが前記基本周波数以下の低周波数域で前記基準レベル以上のピークを持たないときには前記特定部位に異常有りと診断し、前記低周波成分照合処理において、前記実測周波数スペクトルデータが前記基本周波数以下の低周波数域で前記基準レベル以上のピークを持つ周波数成分の高調波が基本周波数に一致するか否かを判定する高調波成分照合処理を実施し、前記高調波成分照合処理において、基本

8

周波数以下の低周波数域で前記基準レベル以上のピークを持つ周波数成分の高調波が基本周波数に一致しないときには前記特定部位に異常有りと診断し、一致するときには前記特定部位に異常無しと診断することを特徴とする。

【0018】なお、上記の機械設備の摺動部材等とは、前記機械設備の摺動部材と、前記機械設備上において前記摺動部材に連結されたり、あるいは前記摺動部材の支持を行う摺動部材関連部材とを含むことを意図している。また、摺動部材としては、例えば、軸受、ボールねじ、リニアガイド、モータ等が該当する。

【0019】このように構成された機械設備の異常診断方法においては、実測周波数スペクトルデータ上の基準レベル以上のピークの出出箇所の周波数が前記摺動部材等の特定部位の異常に起因してピークが出出する基本周波数に一致するか否かを調べる基本周波数成分照合処理を実施する。そして、この基本周波数成分照合処理において、前記実測周波数スペクトルデータ上の基準レベル以上のピークの出出箇所の周波数が前記基本周波数に一致する場合には、直ちに異常とは診断せずに、続いて、低周波成分照合処理や、高調波成分照合処理を実施する。低周波成分照合処理や高調波成分照合処理を実施すると、実測周波数スペクトルデータ上の基本周波数箇所に基準レベル以上のピークが、摺動部材の損傷等の異常によるものではなく、例えば摺動部材等の回転成分などの周波数成分の重なりや高調波の影響等の他の要因に起因するか否かを識別・判定することができる。

【0020】そのため、基本周波数成分照合処理において、前記実測周波数スペクトルデータ上の基準レベル以上のピークの出出箇所の周波数が前記基本周波数に一致する場合に、更に、低周波成分照合処理や、高調波成分照合処理を実施することで、摺動部材等の回転成分などの周波数成分の重なりや高調波の影響等の他の要因に起因したピークを、摺動部材等の異常に起因するものと見なして誤診断を下すことを回避することができ、摺動部材等に対する異常の有無の診断の信頼性を向上させることができる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、転がり軸受で支持された回転体を含む機械設備を対象とし、使用される転がり軸受の傷の有無を診断する場合を例に説明する。

【0022】転がり軸受の傷の有無は、軸受から発生する振動のエンベロープ信号が特定の周波数成分でピークをもつかどうかによって判断できることが知られている。この周波数は、軸受の諸元から計算できるもので、図3に示されるような傷の個所と周波数の関係が知られている。したがって、軸受から発生する振動のエンベロープ信号の周波数スペクトルから、上記周波数成分のみを抽出し、エンベロープ信号の実効値に応じて定められ

(6)

9

る基準値と比較するだけで、軸受の傷の有無を判断できる。なお、上記周波数の計算は、診断を行う際に諸元データの inputs を待って行う。同じ設備又は機器の診断を行う場合は、過去に計算したデータを保持しておき、それを読み出して利用してもよい。

【0023】図1は、本発明に係る異常診断方法の第1の実施の形態を実施するための装置の概略構成である。本装置は、音又は振動を検出するセンサ1、増幅器2、AD変換器3、診断用コンピュータ4を含む。センサ1は、診断対象となる機械設備又は機器の診断箇所近傍の音又は振動を検出するもので、マイクロホン、振動加速度センサ等が用いられる。センサ1で検出された信号は、増幅器2で増幅された後、AD変換器3でデジタル信号に変換され、診断用コンピュータ4に入力される。診断用コンピュータ4は、周波数解析プログラムを内蔵し、異常診断を行うものである。音又は振動データに基づく異常診断に用いる周波数解析については、各種方法が周知であるので説明を省略する。本発明は、周波数解析データに基づく異常の有無及び異常箇所の判断手順を改良したものである。

【0024】図1の装置を用いて、異常診断を行う場合のフローを図2に示す。異常診断を行いたいユーザは、軸受使用箇所の音又は振動データを、センサ1で検出し（ステップ101）、検出したアナログデータを、AD変換器3でデジタル化して（ステップ102）、診断用コンピュータ4に入力する。そして、診断用コンピュータ4は所定形式のファイル例えばWAVファイルにする（ステップ103。以下、ファイル化された音又は振動データは、単に「デジタルデータ」と記述する。）。なお、デジタル化は、診断用コンピュータ4に内蔵したAD変換部（図示略）を用いてもよい。また、センサ1からのアナログデータは、直接デジタル化してもよいし、一旦、磁気テープ等に録音したものを使用してデジタル化してもよい。

【0025】次いで、診断用コンピュータ4は取り込まれたデジタルデータの周波数分析を行って、入力データの主たる周波数帯域を判断する（ステップ104）。そして、判断した周波数帯域に応じてフィルタの帯域を決定し（ステップ105）、デジタルデータのフィルタ処理を行う（ステップ106）。このステップは、入力した音または振動データのS/N向上のために行われるもので、入力信号のS/Nが充分であれば不用である。

【0026】続いて、エンベロープ処理（ステップ107）を実施して得られるエンベロープデータに対して、周波数分析処理を施す（ステップ108）と共に、その実効値を計算する（ステップ109）。ステップ109で得られた実効値は、異常を判断するための基準値の算出処理（ステップ112）に利用される。基準値は、例えば、基準値＝実効値＋ α （ α ：可変）、基準値＝実効値× β （ β ：可変）等の式によって求める。

10

【0027】ステップ110では、診断箇所で使用された軸受の設計諸元や使用条件に基づいて、図3に示した演算を行い、軸受の特定箇所での異常時に発生する周波数成分値を算出する。算出される周波数は、内輪傷、外輪傷、転動体傷、保持器音に対応するものである。なお、この周波数成分値の算出は、これより前に行ってもよいし、以前に同様の診断を行っている場合は、そのデータを用いてもよい。また、算出に用いる諸元データは、事前に入力しておく。

10 【0028】次いで、ステップ108で得られた周波数スペクトルデータから、ステップ110で算出した周波数成分値に応じて、内輪傷成分 S_i （Zfi）、外輪傷成分 S_o （Zfc）、転動体傷成分 S_b （2fb）、保持器成分 S_c （fc）を抽出し（ステップ111）、ステップ112で算出した基準値と比較する（ステップ113）。そして、すべての成分が基準値より小の時は、軸受に異常なしと判断する（ステップ114）。いずれかの成分が基準値より大の時は、その部分に異常ありと判断し、その旨出力する（ステップ115）。

20 【0029】次に、異常診断の具体例を示す。例えば、外輪固定で、内輪が毎分1500回転、アキシアル荷重9.8Nの運転条件下の単列深溝玉軸受から音を収録して得られた実測周波数スペクトル及びエンベロープ処理した波形は、図4及び図5のように得られる。図4において、この軸受に起因する周波数成分を抽出し、基準値（-29.3dB）との大小を比較すると、基準値より小である。すなわち、基準値を超えている周波数成分は、軸受に起因するものではないことがわかるため、この軸受には異常がないことと判定できる。一方、図5の例においては、特定部位である外輪の損傷に起因したZfc成分が基準値（-19.5dB）より大であるので、この異常音は、外輪傷音であると判断される。なお、この例では、基準値＝実効値＋10dBとした。

30 【0030】同様に、外輪固定で、内輪が毎分2400回転、アキシアル荷重9.8Nの運転条件下の単列深溝玉軸受（名番は図4、図5のものと異なる。）の場合は、例えば図6のように得られる。この軸受に起因する成分を抽出し、基準値（-12.6dB）と比較すると、特定部位である保持器損傷に起因したfc成分が基準値よりも大であり、保持器音の異常であることがわかる。この例でも、基準値＝実効値＋10dBとした。

40 【0031】発生周波数のピークの有無は、軸受に起因する周波数との一致度及び基準値との大小によって行うので、図6のようにピークレベルが小さいような場合でも、診断が可能であることがわかる。

50 【0032】このように、本発明の第1の実施の形態による異常診断方法によれば、軸受から発生する振動のエンベロープ信号の周波数スペクトルから特定の周波数成分のみを抽出し、エンベロープ信号の実効値に応じて定められる基準値と比較するので、周波数分析後のスペク

(7)

11

トルレベルの大きい方から回転体に起因する周波数成分かどうかを順に比較照合していく従来方法と比べて、演算処理量が軽減して、診断処理の迅速化を促進することができる。また、回転体に起因する周波数成分のスペクトルレベルのピークが小さい場合でも抽出できるので、精度の高い診断が可能になる。

【0033】なお、以上の説明では、音又は振動のエンベロープ信号を用いて、軸受の傷の有無を判断したが、音又は振動を表す信号を直接用いて、軸受のびびり音の有無を診断することもできる。

【0034】本発明に係る異常診断方法の第2の実施の形態を実施するための装置は、上述した第1の実施の形態の異常診断方法での装置と診断プログラムの内容が異なるものの、構成は同一であるので、図1を援用するものとする。

【0035】本発明に係る第2の実施の形態の異常診断方法を実施する装置は、センサ1で軸受使用個所の音又は振動を検出し、検出したアナログ信号を、AD変換器3でデジタル化して実測デジタルデータを生成し、生成した実測デジタルデータを診断用コンピュータ4に入力する。診断用コンピュータ4は、入力された実測デジタルデータに対して周波数分析及びエンベロープ分析等の適宜解析処理を行って実測周波数スペクトルデータを生成し、生成した実測周波数スペクトルデータに対して、任意のデータポイント毎にその直前のデータポイントとのレベル差及び傾きを計算してピーク値を求める。

【0036】ここで、ピーク値を求めることができる理由について説明する。実測周波数スペクトルデータはデジタル化されているため、当然ながら各周波数及びスペクトルレベルデータは離散的に存在している。このため、曲線の式即ち関数は必要なく、各データポイントでのレベル差を利用することでピーク値を求めることができる。具体的には、図7において、ある周波数成分のレベル(Y_1)とその周波数成分より1データ前のレベル(Y_0)の値との差を算出し、その結果を差データ($\delta = Y_1 - Y_0$)として獲得する。

【0037】差データ(δ)の符号が正から負(場合によっては零)に変るときが変曲点を示すので、その正負の基になった差データに関与している周波数データ及びスペクトルレベルデータがピーク値である。このピーク値は山が急であろうとなかろうと関係なく算出される。ところで、診断に必要なピーク値は鋭い波形のみを対象とするため、さらに周波数データ(x)及びスペクトルレベルデータ(y)の成す傾きが1を超える時($dy/dx > 1$)、もしくは-1より小さい時($dy/dx < -1$)のデータをピーク値と定める。このようにして求めたピーク値を基に軸受に起因する周波数成分と比較照合を行うことで、異常の有無とその部位を診断できる。

【0038】図8は、AD変換後のデータを周波数分析した結果について、スペクトルレベルの大きい周波数成

12

分からピーク値を抽出する方法を用いてスペクトルレベルの大きい10点を順次抽出した一例である。また、図9は、この実施の形態のピーク値抽出方法によりスペクトルレベルの大きい10点を抽出した一例である。図8に示すように、スペクトルレベルの大きい周波数成分からピーク値を順に抽出する方法では、レベルは高いがスペクトルの谷の点(値)である140Hz近傍で3点ほど抽出しているのがわかる。

【0039】これに対して、本実施の形態のピーク値抽出方法では、図9に示すようにピークのみを抽出し、スペクトルレベルの大きい10点として、60Hz近傍のピークを抽出することがわかる。このピーク値抽出方法を採用すると、ピークのみを抽出するため、必要なデータがスペクトルの谷の点(値)を抽出することによって埋没してしまうのを防ぐことができる。

【0040】このようにして、実測周波数スペクトルデータに対してピーク値を求めた後、軸受の異常に起因した周波数成分に対する実測周波数スペクトルデータ上のピーク値とを比較照合し、軸受の異常の有無を判断する。

【0041】図10は、この第2の実施の形態の異常診断方法を実施する装置の異常診断を行う場合のフローである。この図において、ステップ101～ステップ107は、図2で説明した内容と同一であるので省略する。エンベロープ処理(ステップ107)によって得られたエンベロープデータに対して周波数分析処理を施し(ステップ108)、実測周波数スペクトルデータを生成する。そして、生成した実測周波数スペクトルデータに対して、任意のデータポイント毎にその直前のデータポイントとのレベル差及び傾きを計算してピーク値を算出する(ステップ201)。

【0042】ステップ202では、診断箇所に使用された軸受の設計諸元や使用条件に基づいて、図3に示した演算を行い、軸受の特定箇所での異常時に発生する周波数成分値を算出する。算出される周波数は、内輪傷、外輪傷、転動体傷、保持器音に対応するものである。なお、この周波数成分値の算出は、これより前に行ってもよい。以前に同様の診断を行っている場合は、そのデータを用いてもよい。また、算出に用いる諸元データは、事前に入力しておく。

【0043】次いで、ステップ108で得られた周波数スペクトルデータから、ステップ202で算出した周波数成分値に応じて、内輪傷成分 $S_i(Zf_i)$ 、外輪傷成分 $S_o(Zf_c)$ 、転動体傷成分 $S_b(2fb)$ 、保持器成分 $S_c(fc)$ を抽出し(ステップ203)、ステップ201で算出したピーク値と比較する(ステップ204)。そして、すべての成分でピーク値が無ければ、軸受に異常無しと判断する(ステップ205)。いずれかの成分でピーク値が有れば、その部分に異常ありと判断し、その旨出力する(ステップ206)。

(8)

13

【0044】すなわち、内輪傷成分 S_i (Zf_i) に対してピーク値があれば、内輪に傷等の異常があると判断する。また、外輪傷成分 S_o (Zf_c) に対してピーク値があれば、外輪に傷等の異常があると判断する。また、転動体傷成分 S_b ($2f_b$) に対してピーク値があれば、転動体に傷等の異常があると判断する。また、保持器成分 S_c (f_c) に対してピーク値があれば、保持器に傷等の異常があると判断する。また、ピーク値が複数の周波数成分に対して存在すれば、異常個所が複数あると判断できる。例えば、内輪傷成分 S_i (Zf_i) と外輪傷成分 S_o (Zf_c) それぞれにピーク値があれば、内輪と外輪とのそれぞれに異常があると判断できる。

【0045】このように、第2の実施の形態の異常診断方法によれば、軸受使用箇所の音又は振動を検出して得られた信号を周波数分析又はエンベロープ分析し、これにより得られた実測周波数スペクトルデータに対して周波数ピークを抽出する場合、実測周波数スペクトルデータに対して、任意のデータポイント毎にその直前のデータポイントとのレベル差及び傾きを計算してピーク値を求めるので、スペクトルレベルの大きい周波数成分から抽出する場合と比べて、谷を抽出してしまうのを回避でき、より精度の高い診断が可能になる。

【0046】なお、本実施の形態においては、回転体から発生する信号を処理するようにしたが、それ以外の粗さなどの形状信号をデジタル量にAD変換した形態についても適用可能である。また、本実施の形態においては、周波数分析又はエンベロープ分析後の波形に対してピーク値を求めるようにしたが、軸受から発生する音又は振動を検出して、デジタル変換した実測デジタルデータからピーク値の抽出を行うようにしても構わない。

【0047】図11は、本発明の第3の実施の形態の異常診断方法を実施するための装置の概略構成を示すブロック図である。なお、この図において、図1と共通する部分には同一の符号を付けている。

【0048】本発明の第3の実施の形態の異常診断方法を実施する装置は、センサ1で軸受使用箇所の音又は振動を検出し、検出したアナログ信号を、AD変換器3でデジタル化して実測デジタルデータを生成し、生成した実測デジタルデータを診断用コンピュータ4に入力する。診断用コンピュータ4は、マウス等のポインティングデバイス5と、ポインティングデバイス5より出力されるX、Y座標データ夫々をデジタル化するAD変換器6を備えている。

【0049】また、診断用コンピュータ4は、更にグラフィカルユーザインターフェース7を備えていて、ユーザがポインティングデバイス5を使用して、以下で説明するように、AD変換後の波形データに基づいた時間領域波形に対して、所望の時間領域の選択、又はAD変換後の波形データを周波数分析した波形データに基づいた

14

周波数領域波形に対して、所望の周波数領域の選択を可能にしている。AD変換後の波形データやAD変換後の波形データを周波数分析した波形データは、診断用コンピュータ4の図示せぬモニタ装置に表示され、ユーザはその表示を見ながらポインティングデバイス5を操作して所望の時間領域波形又は周波数領域波形を指定する。

【0050】モニタ装置上に視覚表示された波形データからユーザがポインティングデバイス5を使用して所望の周波数領域部を指定すると、診断用コンピュータ4は、その周波数領域部をフィルタ帯域とみなしたフィルタ処理を実測デジタルデータに対して行い、モニタ装置上に視覚表示する。次いで、モニタ装置上に視覚表示されたフィルタ処理後の時間領域波形において、ユーザがポインティングデバイス5を使用して所望の時間領域部を選択すると、その時間領域部のデータに対して周波数分析又はエンベロープ分析等の適宜解析処理を行って実測周波数スペクトルデータを生成する。

【0051】実測周波数スペクトルデータを生成した後、周波数の低い方から各データポイント毎にその直前のデータポイントとのレベル差及び傾きを計算してピーク値を求める。ピーク値を求めた後は、軸受の特定箇所での異常時に発生する周波数成分に対する実測周波数スペクトルデータ上のピーク値との比較照合を行って軸受に対する異常の有無の診断を行う。

【0052】ここで、図を参照して具体例について説明する。図12は、AD変換後の生の信号データ波形図である。この信号データ波形に対して、ユーザがポインティングデバイス5を使用して、ノイズなどの影響が少ないと思われる部分をドラッグすることにより所望の時間領域を選択する。この図で網掛けしている部分が選択部分（時間領域部）である。時間領域部の選択後、自動的に又は簡単な操作により、選択した範囲の信号データの生波形が視覚表示される（図13参照）。ここで必要ならば、さらに範囲選択を行うこと、あるいは拡大表示も可能である。この選択した信号データに関してエンベロープ処理や周波数分析が自動的に又は簡単な操作により行われ、周波数スペクトル（図14参照）及びエンベロープ周波数スペクトル（図15参照）が視覚表示される。

【0053】そして、この周波数スペクトルに対して、ユーザがポインティングデバイス5を使用して所望の周波数領域（図16参照）をドラッグすると、その選択範囲をフィルタ帯域とするフィルタ処理、包絡線処理、周波数解析を自動的に又は簡単な操作により行われ、周波数スペクトル（図17参照）及びエンベロープ周波数スペクトル（図18参照）が視覚表示される。

【0054】このように、本発明の第3の実施の形態の異常診断方法によれば、AD変換後の時間波形及び周波数分析後のスペクトル波形における任意の波形範囲に対する解析範囲やフィルタ範囲を、マウスなどのポインティングデバイス5で選択できるので、簡単な操作によっ

(9)

15

て高S/N比の信号を抽出することができ、より精度の高い診断が可能となる。

【0055】なお、この際にフィルタ処理後の音データを聞くこともでき、聴感による判定も可能である。

【0056】図19は、本発明に係る異常診断装置の第4の実施の形態が実施する異常診断方法の診断処理手順を示すフローチャートである。装置自体の基本的なハードウェア構成は、図1に示した第1の実施の形態のものと同様で良いので、ハードウェア構成についての説明は省略する。

【0057】この第4の実施の形態による異常診断方法は、摺動部材を含む機械設備が発生する音又は振動の分析によって前記機械設備の摺動部材等における異常の有無を診断する。ここに、機械設備の摺動部材等とは、機械設備の摺動部材と、機械設備上において前記摺動部材に連結されたり、あるいは前記摺動部材の支持を行う摺動部材関連部材とを含むことを意図している。また、摺動部材としては、例えば、軸受、ボールねじ、リニアガイド、モータ等が該当する。

【0058】この第4の実施の形態による異常診断方法では、まず、機械設備の摺動部材等の発生する音又は振動を表す信号を検出し、前記検出した信号又はそのエンベロープ信号の周波数スペクトルである実測周波数スペクトルデータを生成する。その後の処理は、図19に示す手順で行う。即ち、まず、実測周波数スペクトルデータ上の基準レベル以上のピークの表出箇所の周波数が前記摺動部材等の特定部位の異常に起因してピークが表出する基本周波数に一致するか否かを調べる基本周波数成分照合処理を実施し（ステップ301）、この基本周波数成分照合処理において、前記実測周波数スペクトルデータ上の基準レベル以上のピークの表出箇所の周波数が前記基本周波数に一致しないときには、異常無しと診断する（ステップ302）。

【0059】また、ステップ301の基本周波数成分照合処理において、前記実測周波数スペクトルデータ上の基準レベル以上のピークの表出箇所の周波数が前記基本周波数に一致するときには、ステップ303に進んで、前記実測周波数スペクトルデータ上の前記基本周波数以下の低周波数域で前記基準レベル以上のピークを持つ周波数成分の有無を調べる低周波成分照合処理を実施する。そして、ステップ303の低周波成分照合処理において、前記実測周波数スペクトルデータが前記基本周波数以下の低周波数域で前記基準レベル以上のピークを持たないときには、前記特定部位に異常有りと診断する（ステップ304）。

【0060】一方、ステップ303の低周波成分照合処理において、前記実測周波数スペクトルデータが前記基本周波数以下の低周波数域で前記基準レベル以上のピークを持つときには、ステップ305に進み、基本周波数以下の低周波数域で前記基準レベル以上のピークを持つ

16

周波数成分の高調波が基本周波数に一致するか否かを判定する高調波成分照合処理を実施する。

【0061】そして、ステップ305の高調波成分照合処理において、基本周波数以下の低周波数域で前記基準レベル以上のピークを持つ周波数成分の高調波が基本周波数に一致しないときには、前記特定部位に異常有りと診断し（ステップ306）、一致するときには、前記特定部位に異常無しと診断する（ステップ307）。

【0062】実測周波数スペクトルデータ上のピークレベルが基準レベルを超える状況は、摺動部材等に損傷等の異常が発生している場合だけでなく、機械設備に含まれる摺動部材等の回転成分などの周波数成分の重なりや高調波の影響等の他の要因によっても発生する。そのため、基本周波数成分照合処理において、摺動部材等の特定部位の異常に起因してピークが表出する基本周波数と、実測周波数スペクトルデータ上のピークとを照合して、両者が一致したというだけで異常有りと診断すると、実際は、基準レベル以上のピークが、上記の他の要因に起因したもので、摺動部材等には異常が発生していない場合があり、診断の信頼性低下を招く虞がある。

【0063】しかし、本実施の形態のように、基本周波数成分照合処理で一致が見られた場合に、更に低周波成分照合処理や高調波成分照合処理を実施すると、実測周波数スペクトルデータ上の基本周波数箇所に基準レベル以上のピークが、摺動部材の損傷等の異常によるものではなく、例えば摺動部材等の回転成分などの周波数成分の重なりや高調波の影響等の他の要因に起因するかどうかを識別・判定することができる。そのため、摺動部材等の回転成分などの周波数成分の重なりや高調波の影響等の他の要因に起因したピークを摺動部材等の異常に起因するものと見なして誤診断を下すことを、回避することができ、摺動部材等に対する異常の有無の診断の信頼性を向上させることができる。

【0064】次に、診断を行う摺動部材の実測周波数スペクトルの波形図と、その波形図に対する本実施の形態による診断過程を例示して説明する。図20は、摺動部材としての転がり軸受において、損傷がある軸受の内輪について図19の診断処理が実施された場合の波形の説明図である。基本周波数成分照合処理において、内輪損傷に起因するピークの基本周波数（ $Zf_i: 89.9\text{ Hz}$ ）に基準レベル以上のピークが一致していることが確認される。そのため、低周波成分照合処理が実施される。低周波成分照合処理では、基本周波数（ $Zf_i: 89.9\text{ Hz}$ ）以下の低周波数域にレベルが高い成分が見られないことが確認されるため、基本周波数における大きなピークの発生は上記の他の要因が原因とは見なされず、ステップ304に進んで、内輪に異常有りと診断される。

【0065】図21は、摺動部材としての転がり軸受において、損傷がない軸受の外輪について図19の診断処

(10)

17

理が実施された場合の波形の説明図である。基本周波数成分照合処理において、外輪損傷に起因するピークの基本周波数 ($Zfc: 194.7 \text{ Hz}$) に基準レベル以上のピークが一致していることが確認される。そのため、低周波成分照合処理が実施される。そして、低周波成分照合処理では、基本周波数 ($Zfc: 194.7 \text{ Hz}$) より低周波数域にレベルが高い成分 $f1 (64.5 \text{ Hz})$ が存在することが確認されるため、ステップ305に示した高調波成分照合処理が実施される。高調波成分照合処理では、低周波数域の高レベル成分 $f1 (64.5 \text{ Hz})$ の高調波が、基本周波数と略一致することが確認されるため、基本周波数における大きなピークの発生は上記の他の要因が原因と見なされ、ステップ307に進んで、外輪には異常なしと診断される。

【0066】図22は、摺動部材としての転がり軸受において、損傷がある軸受の内輪について図19の診断処理が実施された場合の波形の説明図である。基本周波数成分照合処理において、内輪損傷に起因するピークの基本周波数 ($Zfi: 150.7 \text{ Hz}$) に基準レベル以上のピークが一致していることが確認される。そのため、低周波成分照合処理が実施される。低周波成分照合処理では、基本周波数 ($Zfi: 150.7 \text{ Hz}$) 以下の低周波数域に基準レベル以上にレベルが高い成分 $f2 (30.1 \text{ Hz})$ が見られる。そのため、ステップ305に進んで、高調波成分照合処理が実施される。高調波成分照合処理では、低周波数域の高レベル成分 $f2 (30.1 \text{ Hz})$ の高調波が、基本周波数と略一致することが確認されるが、基本周波数のレベルの方が成分 $f2$ のレベルよりも大きいため、基本周波数における大きなピークの発生は上記の他の要因が原因とは見なされず、ステップ306に進んで、内輪に異常有りと診断される。

【0067】以上のように、基本周波数成分照合処理に、低周波成分照合処理及び高調波成分照合処理を追加して、高調波等の他の要因の影響の有無を検討すれば、より信頼性の高い診断を実現することができる。

【0068】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、回転体に起因する周波数成分のみで異常診断を行っていることで、計算負荷が軽減し、解析に要する時間のロスを少なくすることができる。また、ノイズや回転体に起因しない周波数成分のピークの影響を少なくすることができ、さらに回転体に起因する周波数成分のレベルが小さいとき（全スペクトルのピークレベルが小さいとき）でも、確実に該当周波数成分を捕捉するため、より精度の高い診断が可能となる。

【0069】また、実測データのピーク値のみを抽出することによって、スペクトルの谷の点（値）であるにも関わらず、スペクトルレベルが高いというだけで抽出されてしまうのを防ぐことができ、より精度の高い診断が可能となる。

18

【0070】また、AD変換後の時間波形、及び周波数分析後のスペクトル波形の範囲を指定することによって、ノイズの多い音や非定常な音などの場合でも異音部分の的確な選択が可能となり、より精度の高い診断が可能となる。

【0071】また、低周波成分照合処理や高調波成分照合処理を実施すると、実測周波数スペクトルデータ上の基本周波数箇所基準レベル以上のピークが、摺動部材の損傷等の異常によるものではなく、例えば摺動部材等の回転成分などの周波数成分の重なりや高調波の影響等の他の要因に起因するか否かを識別・判定することができる。そのため、基本周波数成分照合処理において、前記実測周波数スペクトルデータ上の基準レベル以上のピークの出所箇所の周波数が前記基本周波数に一致する場合に、更に、低周波成分照合処理や、高調波成分照合処理を実施することで、摺動部材等の回転成分などの周波数成分の重なりや高調波の影響等の他の要因に起因したピークを、摺動部材等の異常に起因するものと見なして誤診断を下すことを回避することができ、摺動部材等に対する異常の有無の診断の信頼性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の異常診断方法を実施するための装置の概略構成を示す図である。

【図2】図1の装置を用いて異常診断を行う場合のフロー図である。

【図3】転がり軸受における損傷の箇所と周波数の関係を示す図である。

【図4】エンベロープ処理した波形である。

【図5】エンベロープ処理した他の波形である。

【図6】エンベロープ処理した別の波形である。

【図7】本発明のピーク値算出方法を説明するための図である。

【図8】周波数スペクトルレベルの大きい周波数成分から順にピーク値を抽出する方法を説明するための図である。

【図9】本発明のピーク値算出方法によるピーク値の抽出を説明するための図である。

【図10】本発明の第2の実施の形態の異常診断方法により異常診断を行う場合のフロー図である。

【図11】本発明の第3の実施の形態の異常診断方法を実施するための装置の概略構成を示す図である。

【図12】本発明の第3の実施の形態の異常診断方法を説明するための図で、信号データの生波形図である。

【図13】本発明の第3の実施の形態の異常診断方法を説明するための図で、信号データの生波形の選択範囲部分拡大図である。

【図14】本発明の第3の実施の形態の異常診断方法を説明するための図で、信号データの周波数スペクトルを示す図である。

(11)

19

【図15】本発明の第3の実施の形態の異常診断方法を説明するための図で、信号データのエンベロープ周波数スペクトルを示す図である。

【図16】本発明の第3の実施の形態の異常診断方法を説明するための図で、信号データの周波数スペクトルと選択範囲を示す図である。

【図17】本発明の第3の実施の形態の異常診断方法を説明するための図で、フィルタ処理後の周波数スペクトルを示す図である。

【図18】本発明の第3の実施の形態の異常診断方法を説明するための図で、フィルタ処理後のエンベロープ周波数スペクトルを示す図である。

【図19】本発明の第4の実施の形態により異常診断方法を実施するための診断処理手順を示すフローチャートである。

【図20】本発明の第4の実施の形態により、損傷がある軸受の内輪について診断処理を実施し、内輪損傷に起因するピークの基本周波数との照合処理において、低周波数域に基準レベル以上のピークが表出していない場合

20

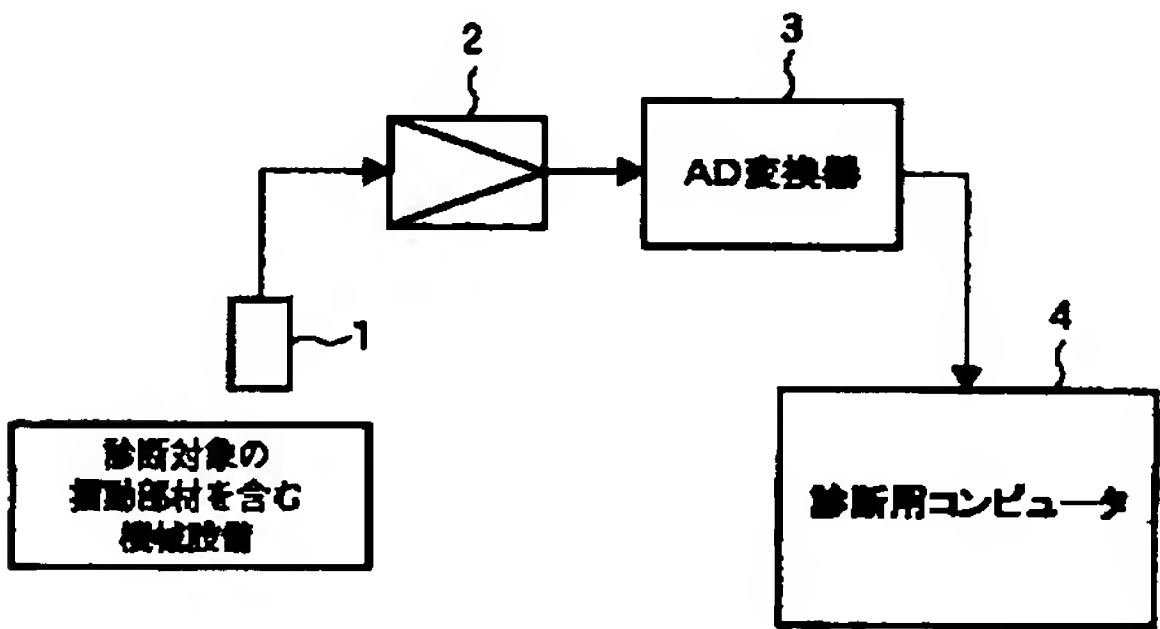
の波形の説明図である。

【図21】本発明の第4の実施の形態により、損傷がない軸受の外輪について診断処理を実施し、外輪損傷に起因するピークの基本周波数との照合処理において、低周波数の高調波と基本周波数とが一致している場合の波形の説明図である。

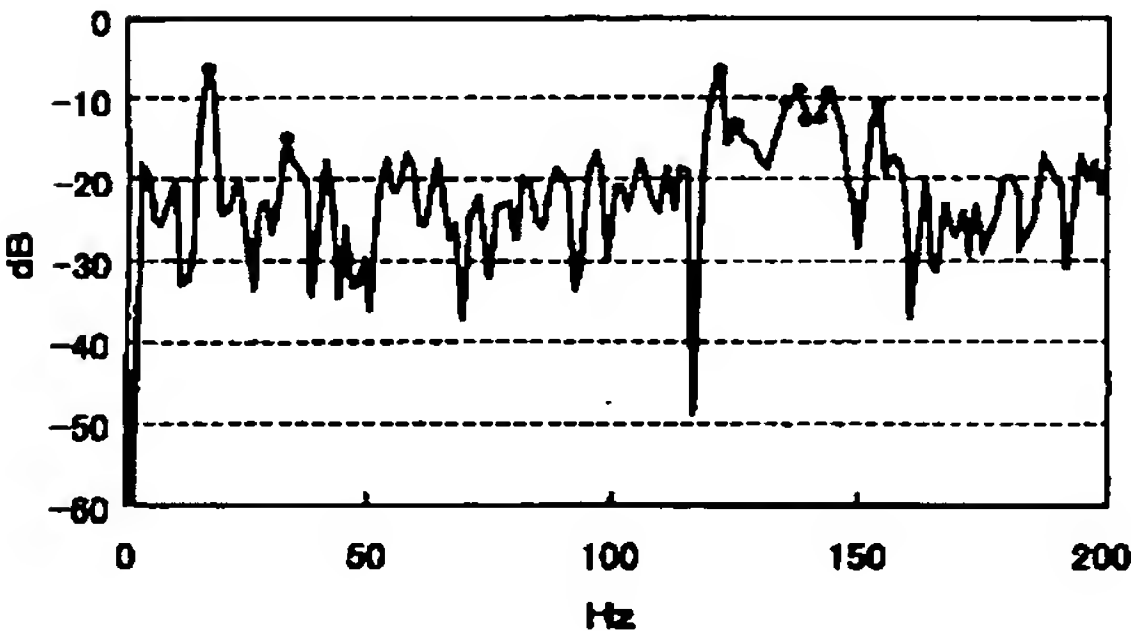
【図22】本発明の第4の実施の形態により、損傷がある軸受の内輪について診断処理を実施し、内輪損傷に起因するピークの基本周波数との照合処理において、低周波数の高調波と基本周波数とが一致している場合の波形の説明図である。

- 【符号の説明】
- 1 センサ
 - 2 増幅器
 - 3、6 AD変換器
 - 4 診断用コンピュータ
 - 5 ポインティングデバイス
 - 7 グラフィカルユーザインタフェース

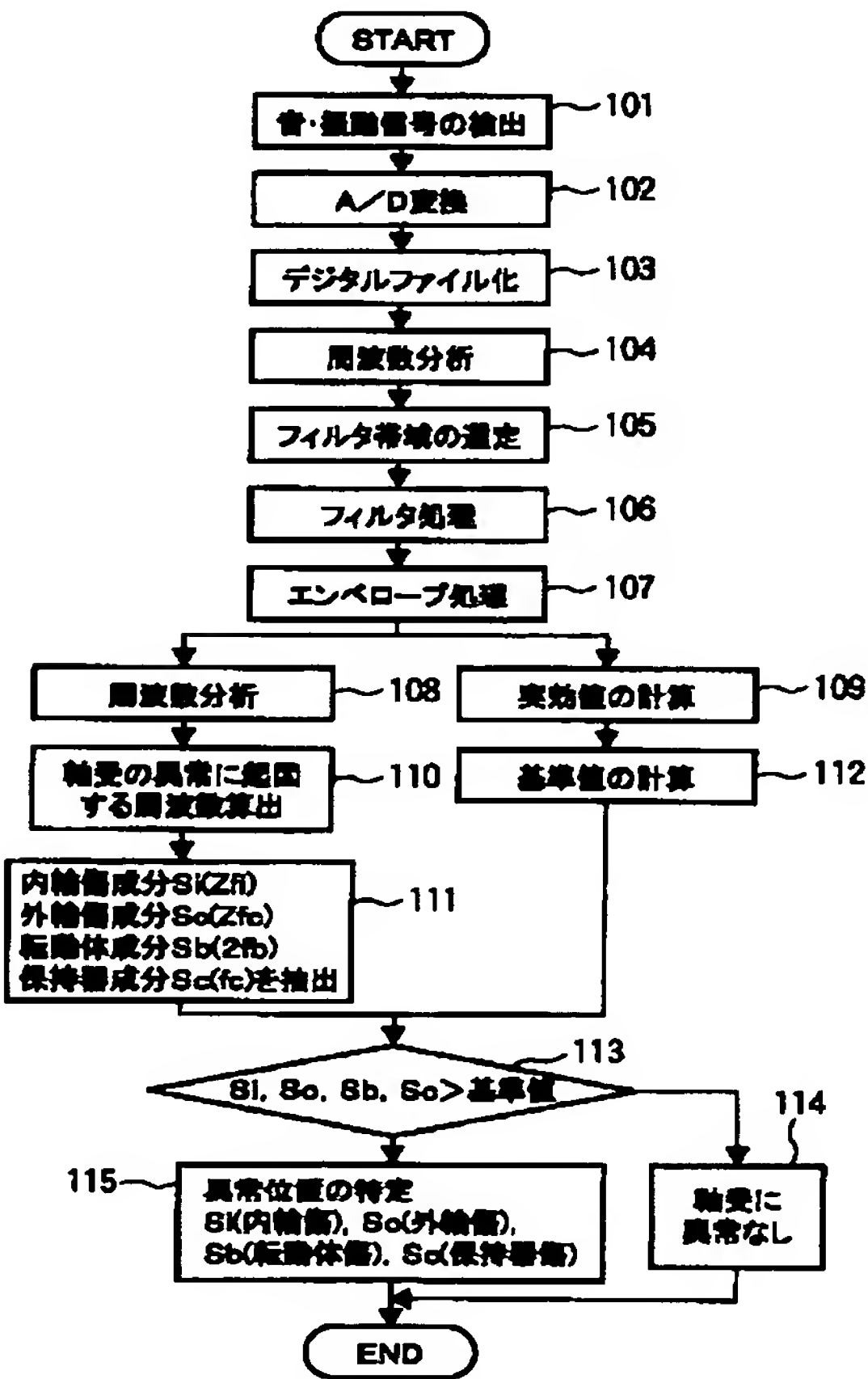
【図1】



【図8】



【図2】



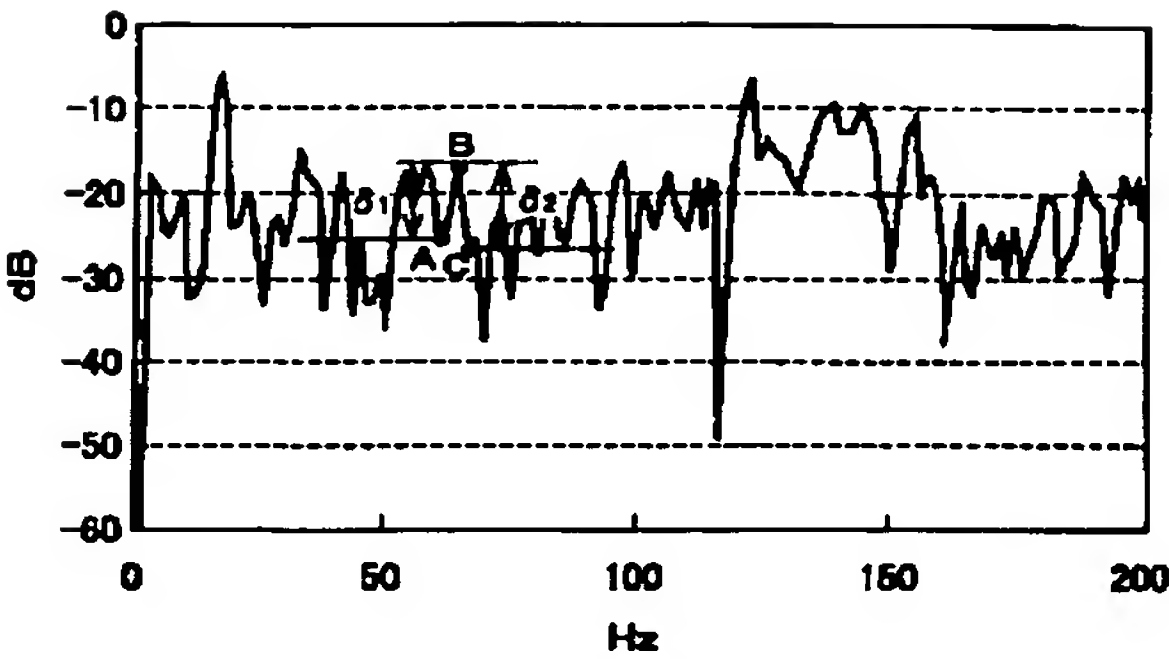
(12)

【図 3】

転がり軸受の傷	エンベロープ処理後の周波数
内輪 (Si)	$Zfi = \frac{fr}{2} \left(1 + \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right) Z$ [Hz]
外輪 (So)	$Zfc = \frac{fr}{2} \left(1 - \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right) Z$ [Hz]
転動体 (Sb)	$2fb = fr \left(1 - \frac{Da^2}{dm^2} \cos^2 \alpha \right)$ [Hz]
保持器 (Sc)	$fc = \frac{fr}{2} \left(1 - \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right)$ [Hz]

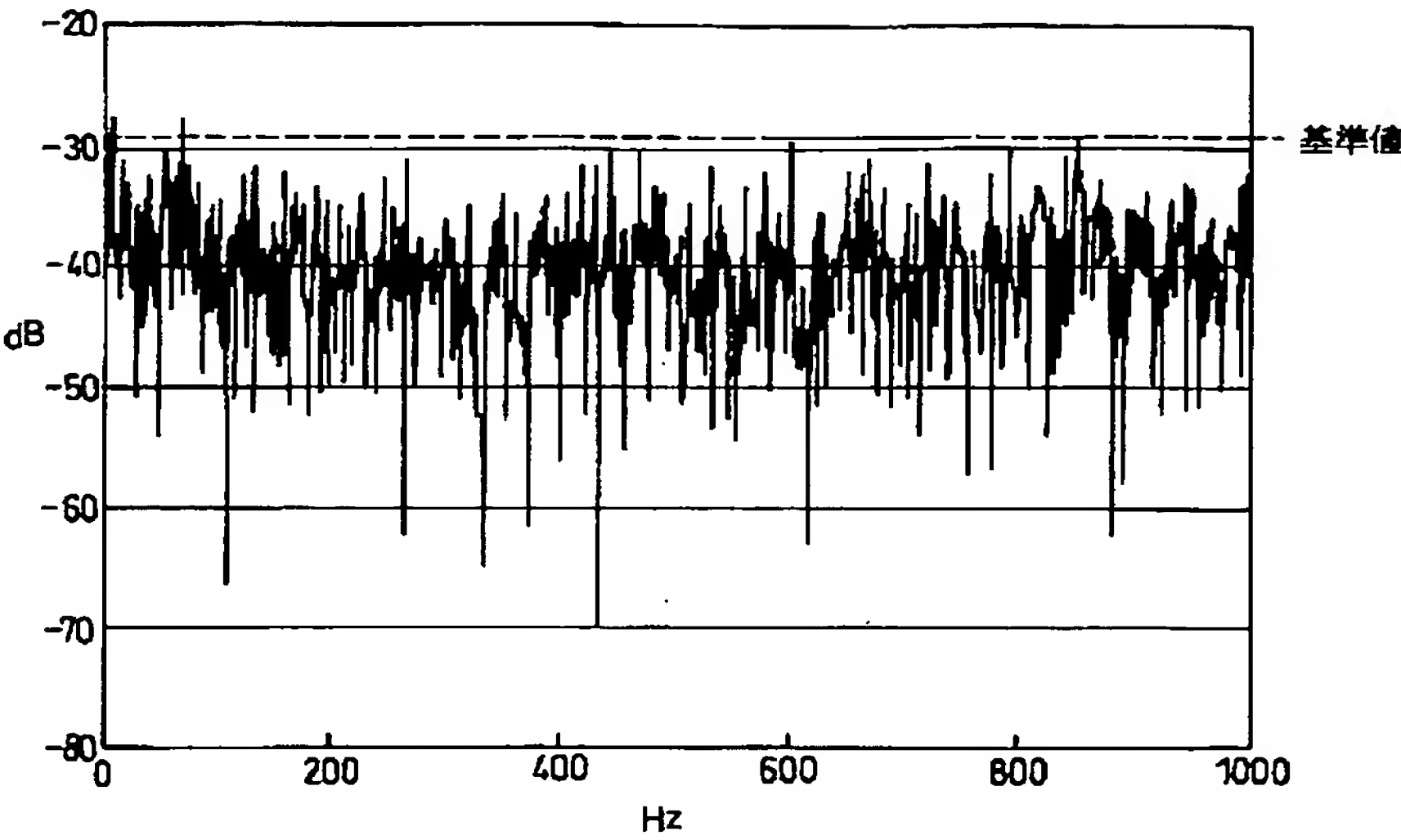
fr:内輪回転速度 [Hz] Z:転動体の数
fc:保持器回転速度 [Hz] fi:fr-fc
fb:転動体自転速度 [Hz] Da:転動体直径 [mm]
dm:ピッチ円直径 [mm] α:接触角 [度]

【図 7】

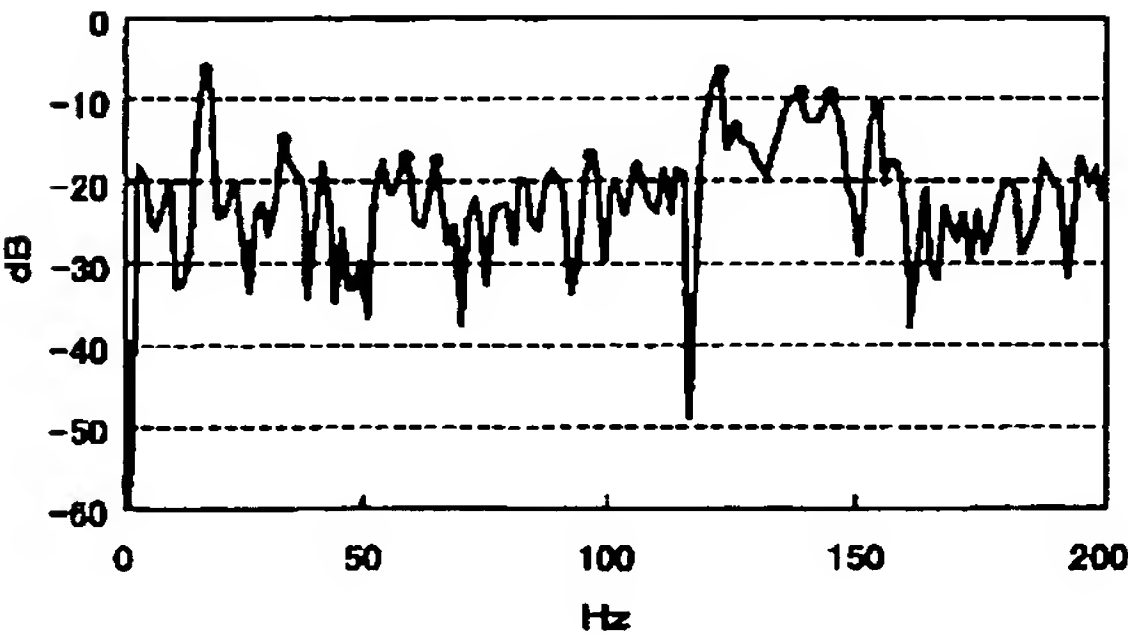


$\Delta O(X_1, Y_1), B(X_2, Y_2), O(X_3, Y_3)$ とすると
 $\delta_1 (= Y_1 - Y_2) > 0$ ①
 $\delta_2 (= Y_2 - Y_3) < 0$ ②
①, ②を満たし,
 $dy/dx = (Y_1 - Y_2)(X_3 - X_2) > 1$
または,
 $dy/dx = (Y_2 - Y_3)(X_3 - X_1) < -1$
を満たすとき、 Y_1 をピークとする。

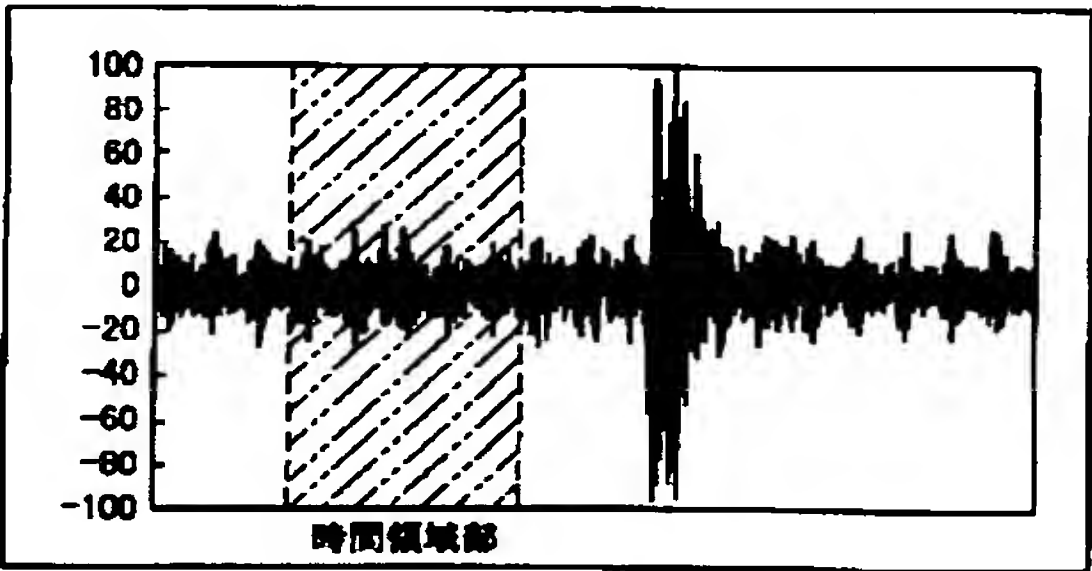
【図 4】



【図 9】

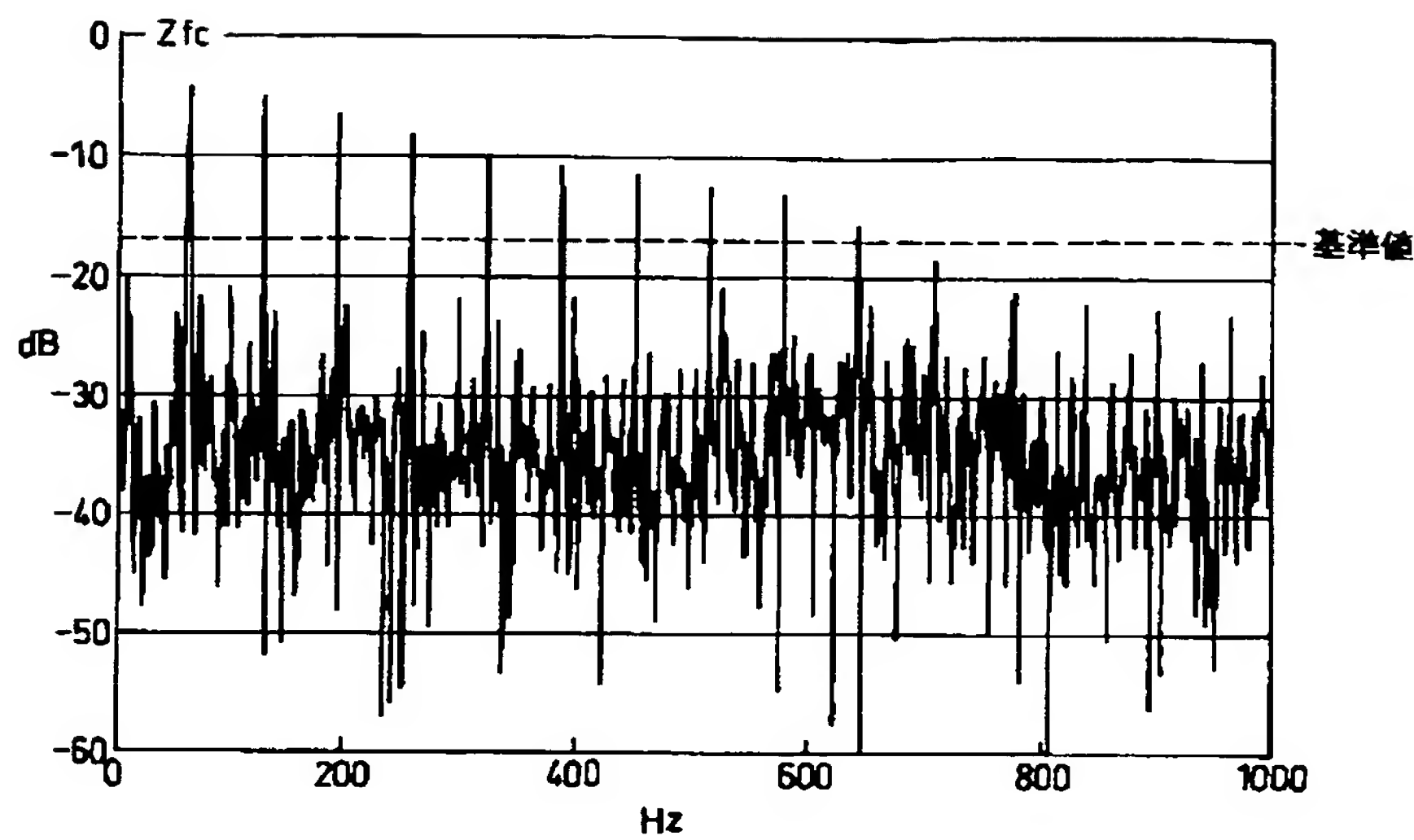


【図 12】

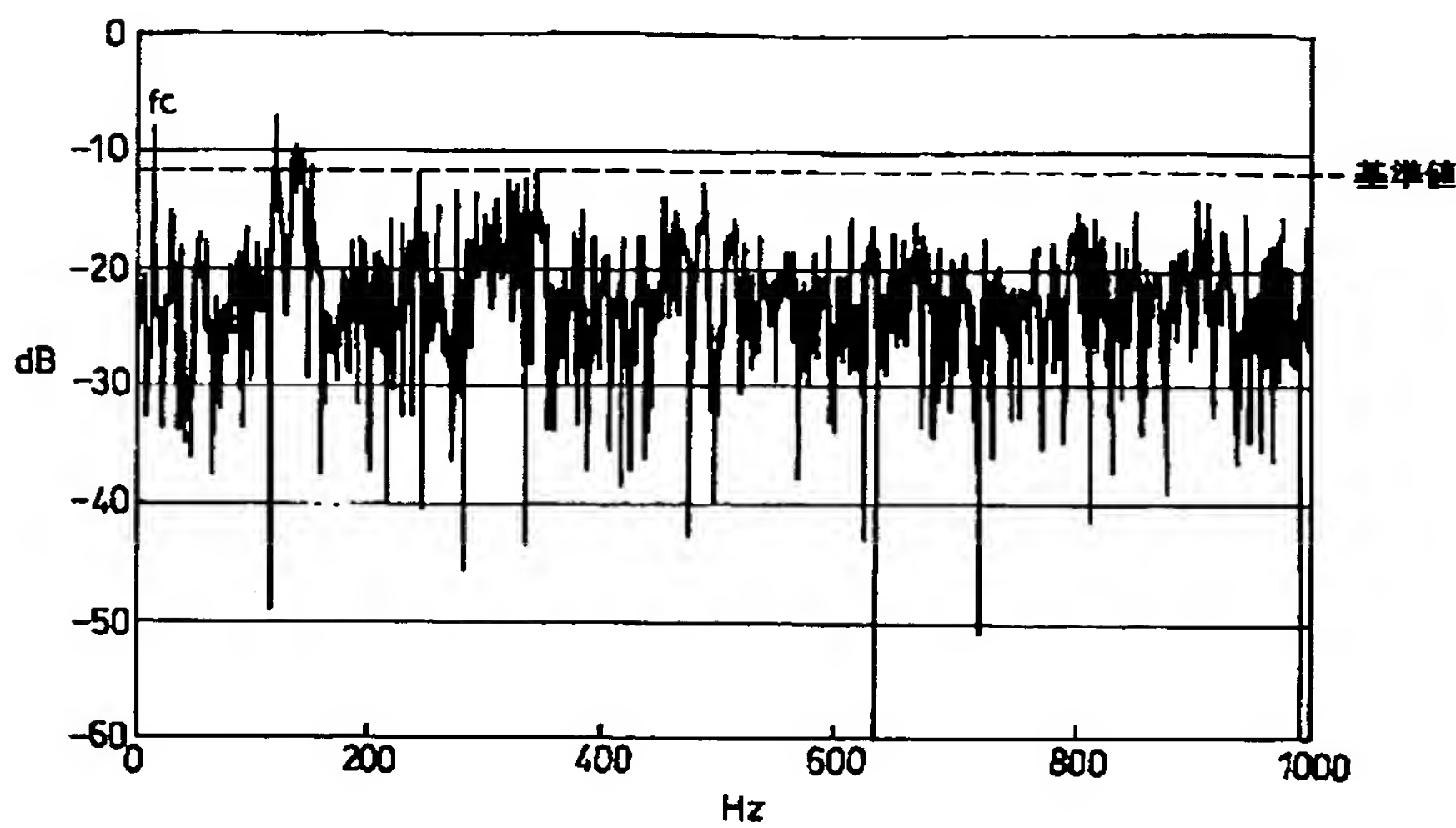


(13)

【図 5】



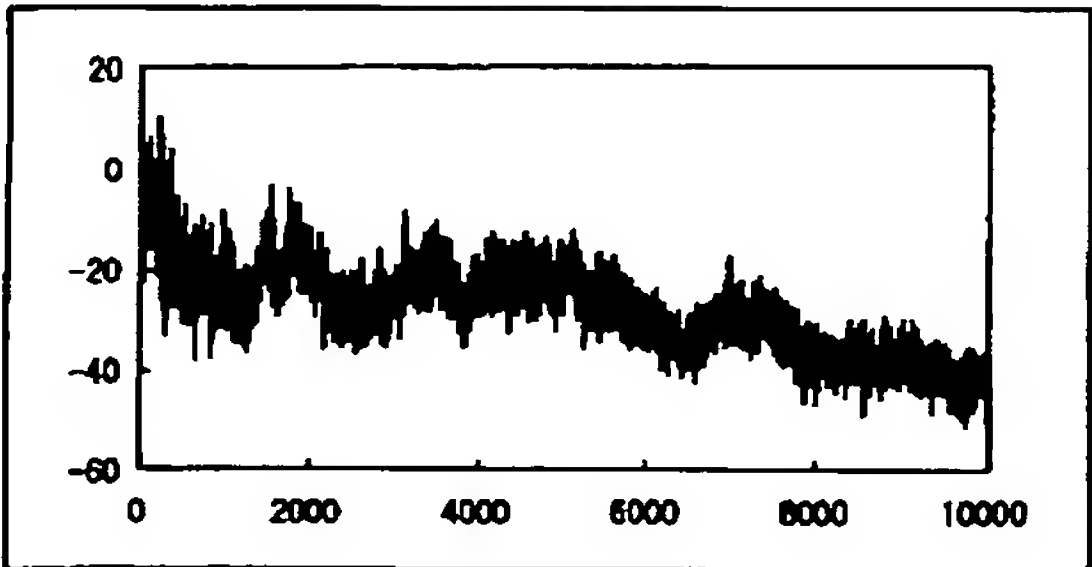
【図 6】



【図 1 3】

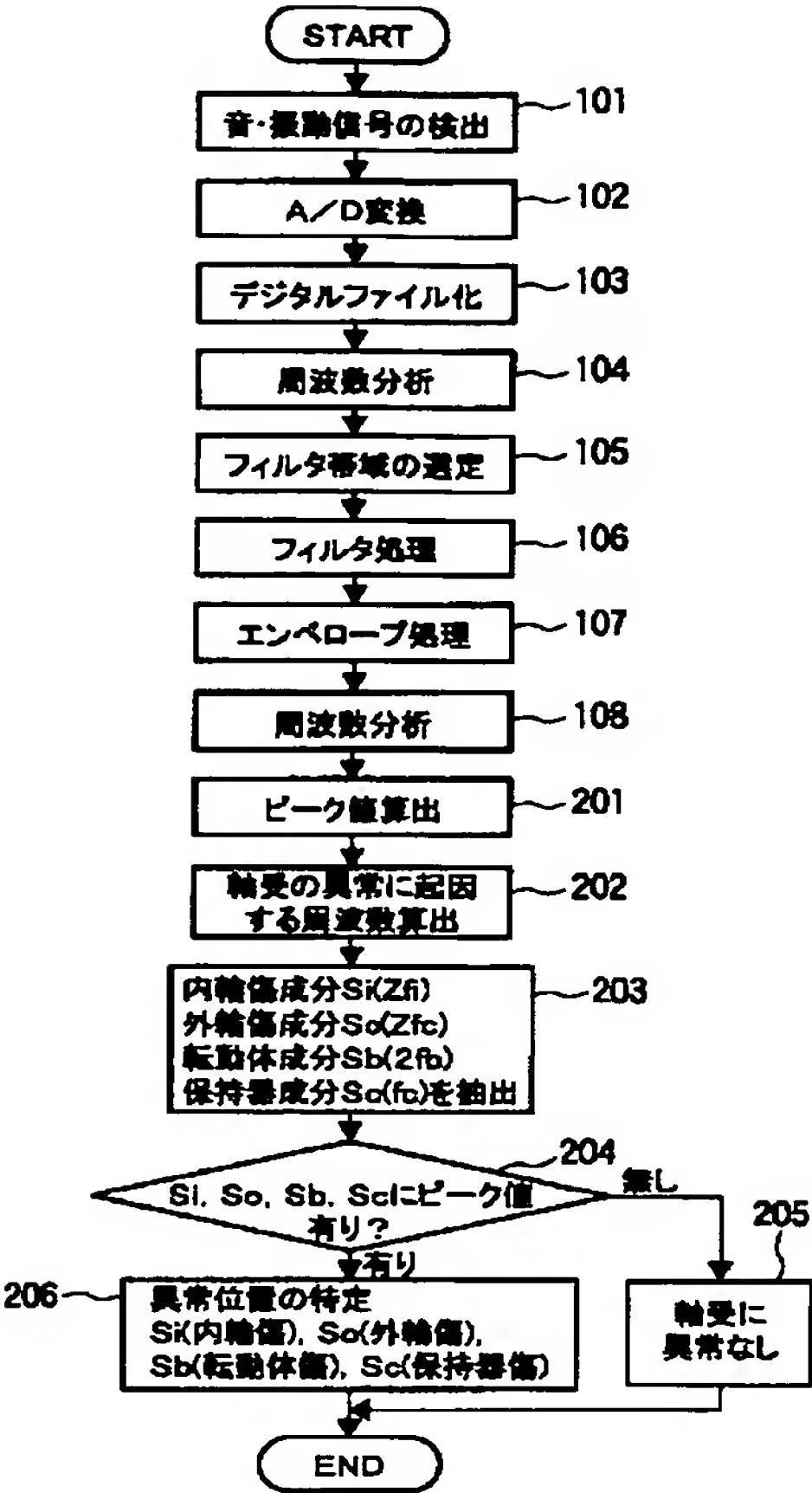


【図 1 4】

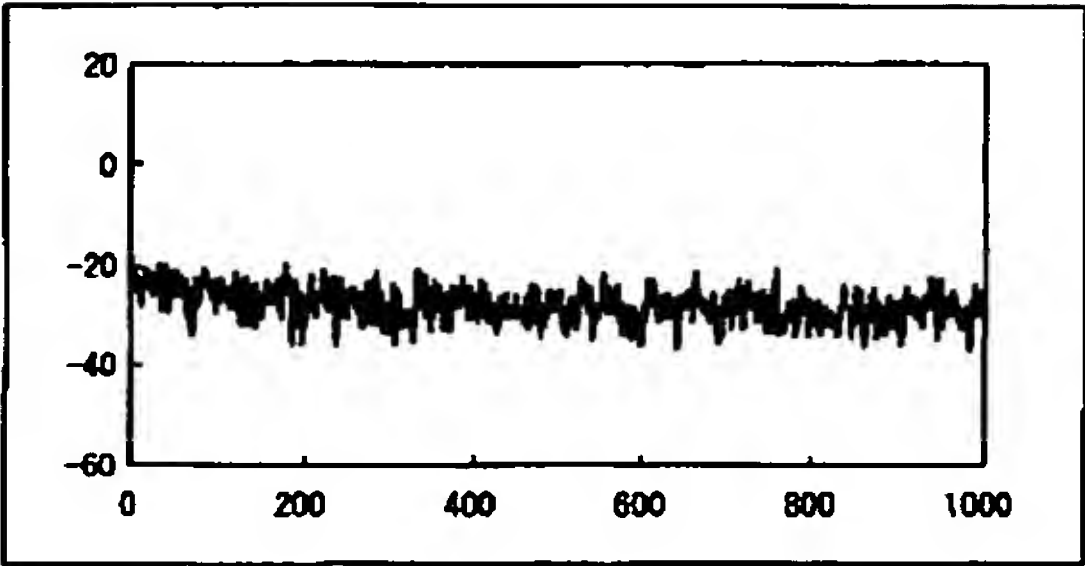


(14)

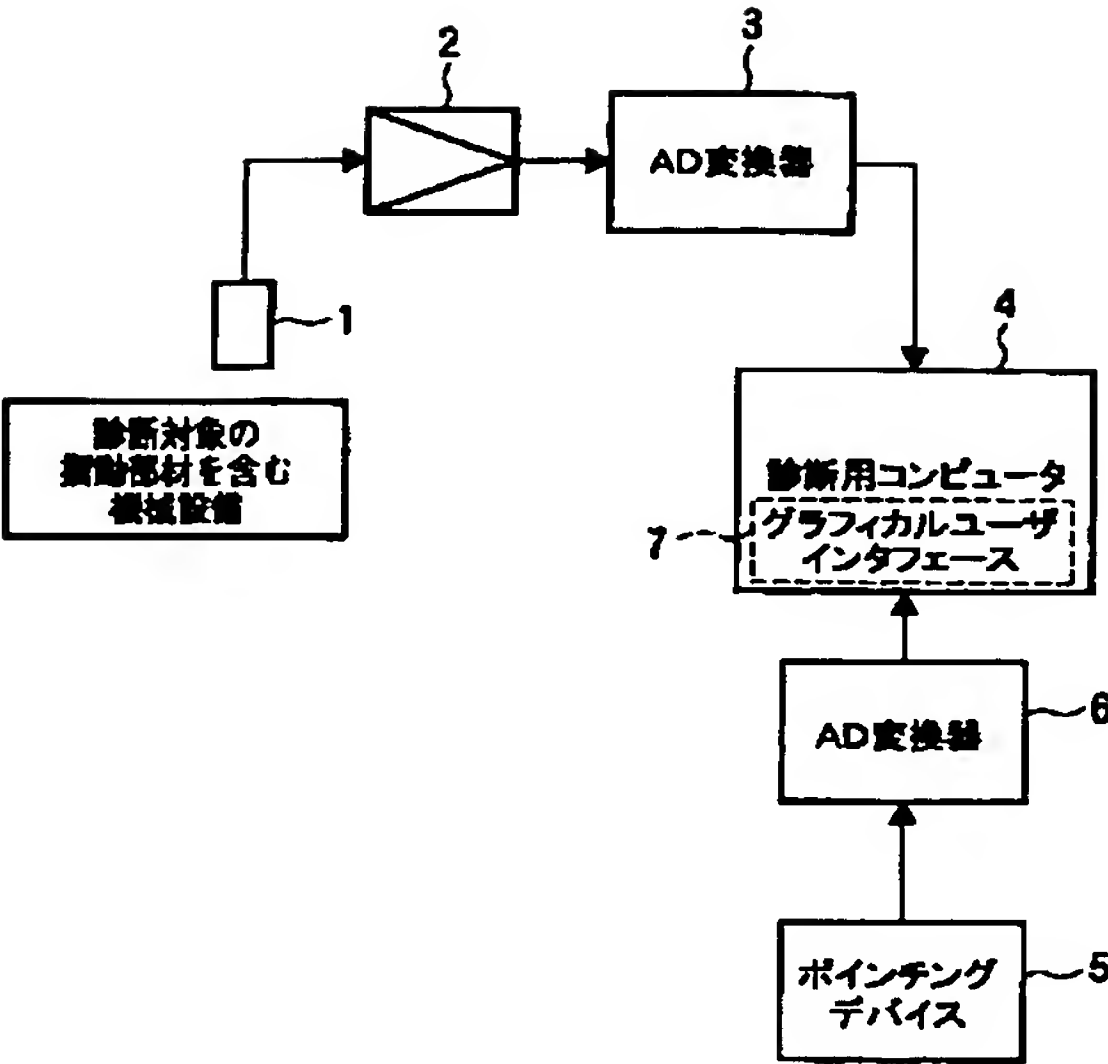
【図10】



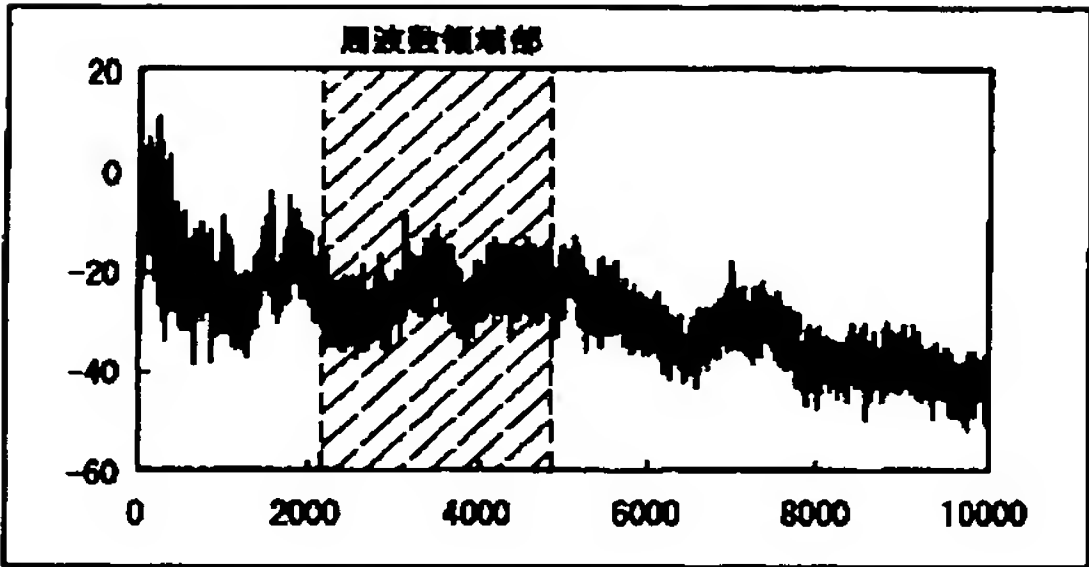
【図15】



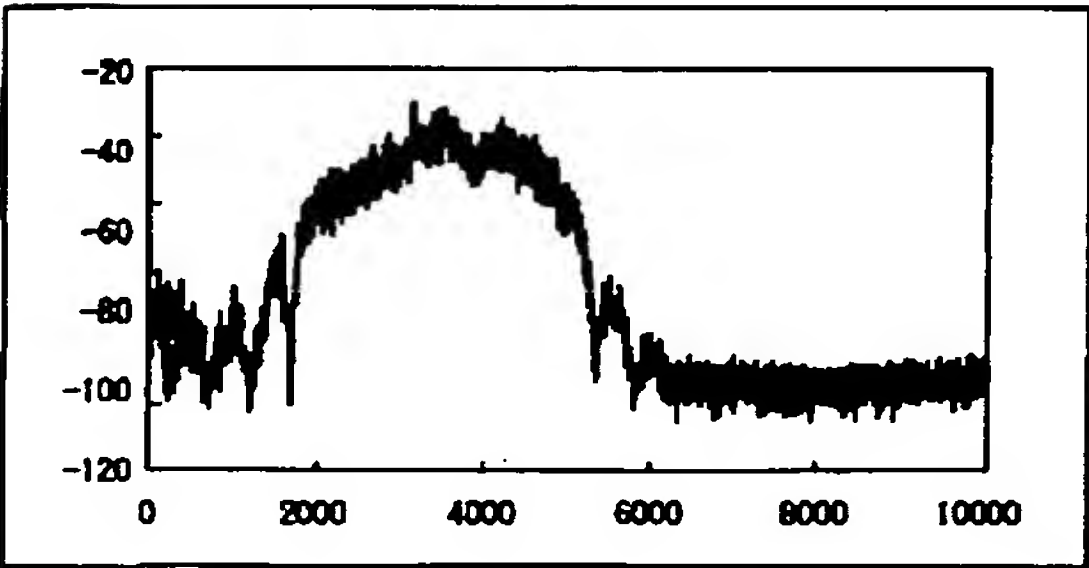
【図11】



【図16】

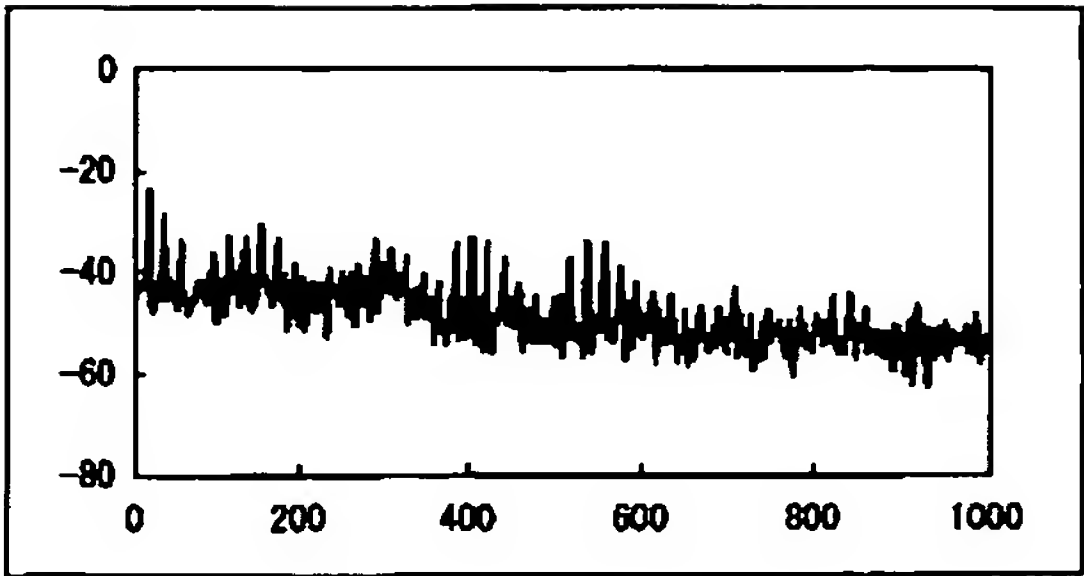


【図17】

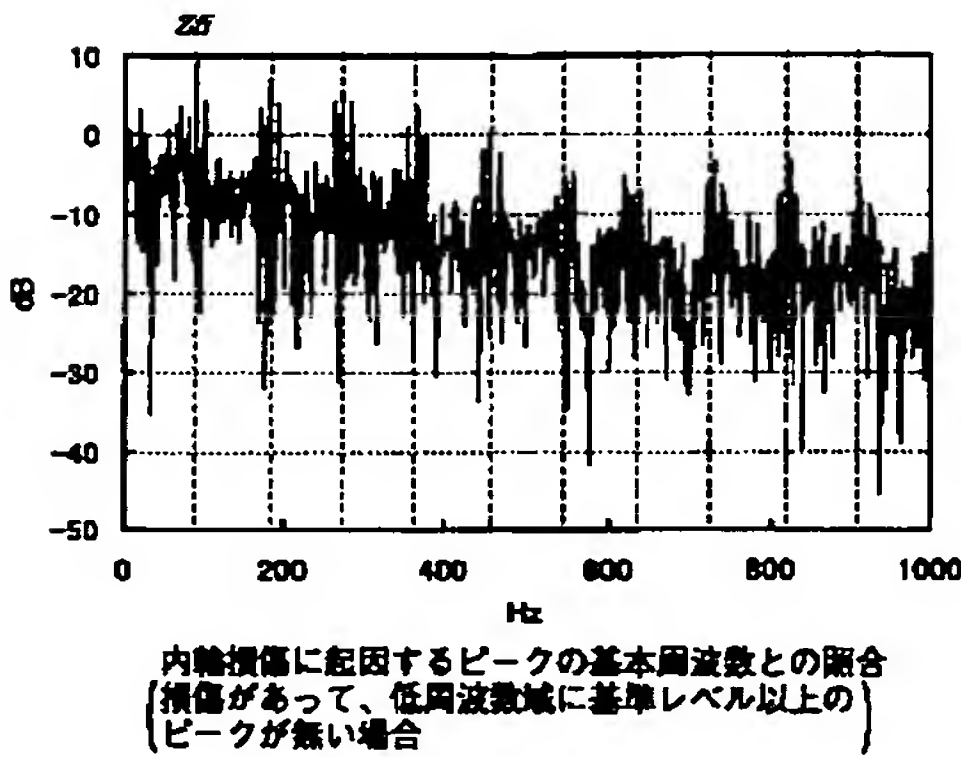


(15)

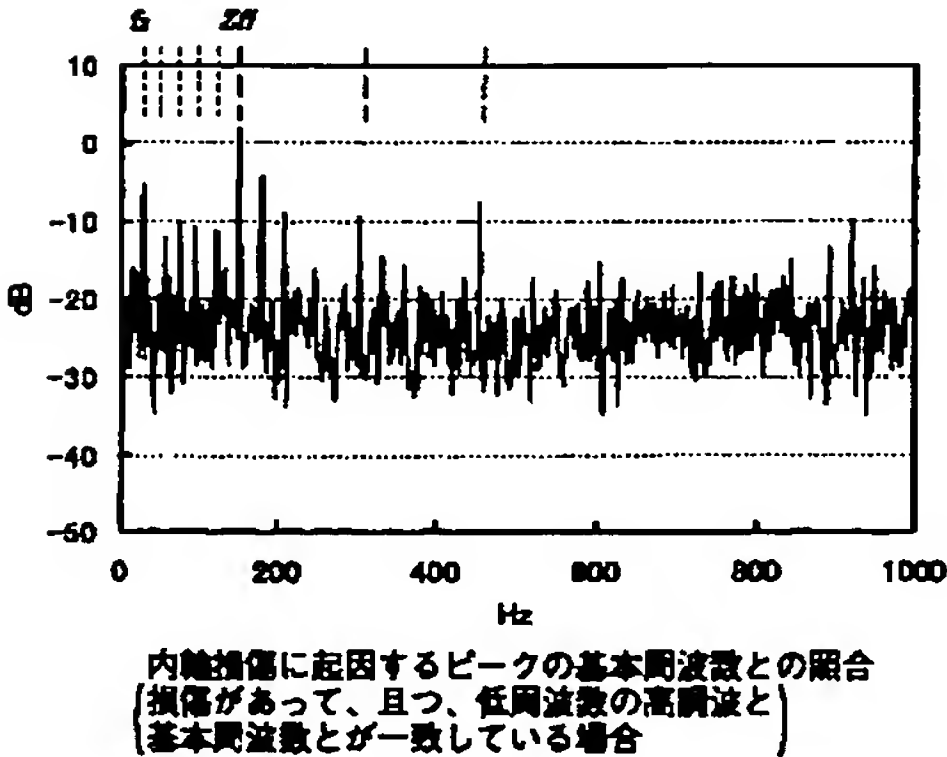
【図18】



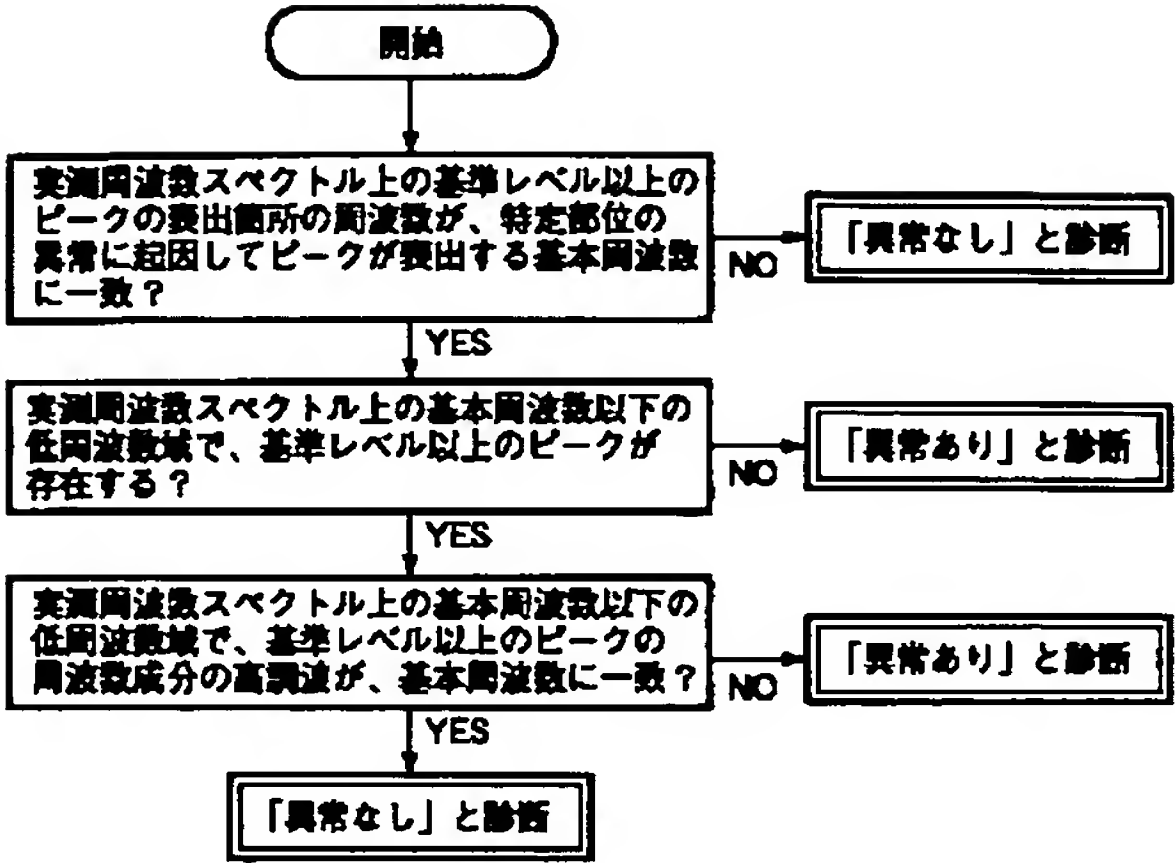
【図20】



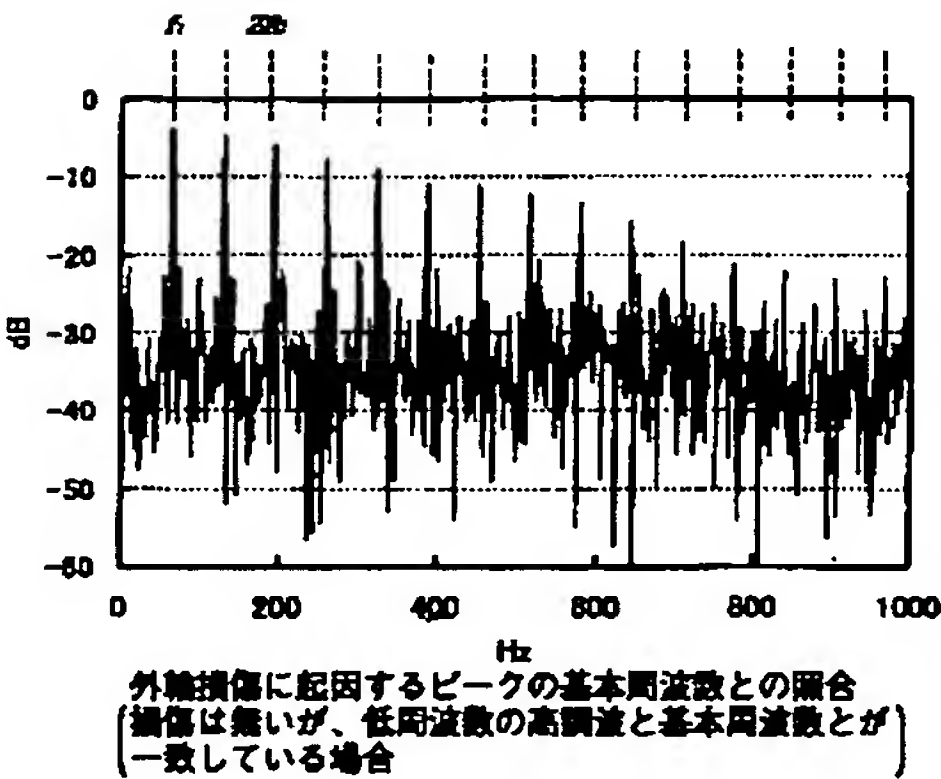
【図22】



【図19】



【図21】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G024 AC01 BA15 CA13 DA09 FA04
2G064 AA17 AB16 AB22 BA02 CC26
CC42 CC52 CC53 DD09 DD12

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.